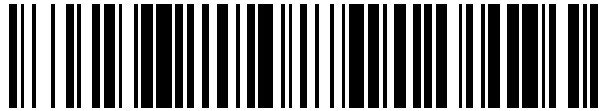


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 101**

51 Int. Cl.:

**H05B 3/00** (2006.01)

**C21D 1/40** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.07.2015 PCT/JP2015/003771**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.02.2016 WO16017147**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2015 E 15753500 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018 EP 3175675**

54 Título: **Método de calentamiento por resistencia directa y método de fabricación de productos moldeados a presión**

30 Prioridad:

**28.07.2014 JP 2014153370**

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

**23.10.2018**

73 Titular/es:

**NETUREN CO., LTD. (100.0%)  
17-1, Higashigotanda 2-chome Shinagawa-ku  
Tokyo 141-8639, JP**

72 Inventor/es:

**OOYAMA, HIRONORI y  
IKUTA, FUMIAKI**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 687 101 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 de calentamiento por resistencia directa y método de fabricación de productos moldeados a presión

Campo técnico

5 La presente invención se relaciona con un método de calentamiento por resistencia directa para aplicar una corriente a una pieza de trabajo de placa y a un método de fabricación de producto moldeado a presión usando el método de calentamiento por resistencia directa.

Antecedentes de la técnica

10 Las estructuras de un vehículo, por ejemplo, los miembros que requieren resistencia, tales como varios pilares y refuerzos, se fabrican mediante calentamiento. El calentamiento se clasifica en calentamiento indirecto y calentamiento directo. Un ejemplo de calentamiento indirecto es el llamado calentamiento de horno para introducir una pieza de trabajo en un horno y calentar la pieza de trabajo mediante el control de la temperatura del horno. Por otro lado, los ejemplos del calentamiento directo incluyen el calentamiento por inducción de calentar una pieza de trabajo al suministrar a la pieza de trabajo una corriente de Foucault y calentamiento por resistencia directa de calentamiento de una pieza de trabajo al suministrar directamente la pieza de trabajo con una corriente.

15 Un denominado material en bruto a la medida en el que las características se cambian parcialmente uniendo diferentes tipos de placas de acero se usa como un componente de una carrocería de vehículo. Por ejemplo, el documento JP 2004-58082 A divulga un método de extremos de soldadura a tope de miembros que tienen diferentes materiales o diferentes espesores entre sí y luego realizan un trabajo de prensado.

20 Sin embargo, en cuanto al material en bruto adaptado, es necesario soldar a tope varios materiales. El número de procesos de trabajo aumenta y, por lo tanto, el material en bruto a la medida no es adecuado para la producción en masa. El documento WO 2013/081180 A1 divulga un aparato de calentamiento por resistencia directa que incluye un primer electrodo y un segundo electrodo, y un mecanismo de movimiento configurado para mover al menos uno del primer electrodo y el segundo electrodo.

Resumen de la invención

25 Es un objeto de la invención proporcionar un método de calentamiento por resistencia directa en el que el número de procesos de trabajo es pequeño y que es adecuado para la producción en masa y un método de fabricación de productos moldeados por presión que usa el método de calentamiento por resistencia directa.

30 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un método de calentamiento por resistencia directa. De acuerdo con el método de calentamiento por resistencia directa, se aplica una corriente a una pieza de trabajo de placa, un área de corte transversal que varía en una dirección longitudinal de la pieza de trabajo de placa, y la pieza de trabajo de placa se calienta de modo que una región de calentamiento de alta temperatura y una región de calentamiento sin alta temperatura se proporcionan lado a lado a lo largo de la dirección longitudinal. El método de calentamiento por resistencia directa incluye un paso de preparación para disponer un par de electrodos que incluyen un primer electrodo y un segundo electrodo en la pieza de trabajo de placa, y un paso de calentamiento de mover el primer electrodo en la dirección longitudinal desde un extremo de la región de calentamiento de alta temperatura mientras aplica una corriente al par de electrodos, deteniendo el movimiento del primer electrodo cuando el primer electrodo alcanza el otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura, y evitando que la corriente se aplique al par de electrodos cuando un tiempo predeterminado transcurre después de la detención del movimiento del primer electrodo.

40 El método de calentamiento por resistencia directa puede incluir además, después del paso de calentamiento, un paso sin calentamiento para reiniciar el movimiento del primer electrodo en la dirección longitudinal y mover el primer electrodo a un extremo de una próxima región de calentamiento de alta temperatura para una transición a un siguiente paso de calentamiento.

45 En el paso de calentamiento, al menos una de la corriente aplicada al par de electrodos y una velocidad de movimiento del primer electrodo puede controlarse de manera que la región de calentamiento de alta temperatura tenga una distribución de temperatura predeterminada en la dirección longitudinal.

50 La corriente aplicada al par de electrodos y a la velocidad de movimiento del primer electrodo se puede controlar de acuerdo con una variación del área del corte transversal de la pieza de trabajo de placa, y la corriente se puede aplicar al par de electrodos de un estado en el cual el movimiento del primer electrodo se detiene temporalmente en el otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura, para compensar un déficit de una cantidad de calor con respecto a la región de calentamiento de alta temperatura debido a que no se aplica la corriente al par de electrodos mientras se mueve el primer electrodo desde el otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura a un extremo de la próxima región de calentamiento de alta temperatura.

55 La corriente aplicada al par de electrodos puede ser constante, una velocidad de movimiento del primer electrodo puede controlarse de acuerdo con una variación del área del corte transversal de la pieza de trabajo de placa, y el

tiempo predeterminado puede establecerse con base en un período de tiempo requerido para mover el primer electrodo desde el otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura a un extremo de la próxima región de calentamiento de alta temperatura.

5 Una velocidad de movimiento del primer electrodo puede ser constante, la corriente aplicada al par de electrodos puede controlarse de acuerdo con una variación del área del corte transversal de la pieza de trabajo de placa, y el tiempo predeterminado puede establecerse con base en un período de tiempo requerido para mover el primer electrodo desde el otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura a un extremo de la próxima región de calentamiento de alta temperatura.

10 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el método de calentamiento por resistencia directa incluye disponer un par de electrodos que incluyen el primer electrodo y el segundo electrodo en la pieza de trabajo de placa, que mueve el primer electrodo en la dirección longitudinal desde un extremo de la región de calentamiento de alta temperatura al otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura, evitando que la corriente se aplique al par de electrodos al menos mientras el primer electrodo se mueve sobre la región de calentamiento sin alta temperatura, y aplicando la corriente al par de electrodos en un estado en el que el movimiento del primer electrodo se detiene temporalmente en el otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura, para compensar un déficit de una cantidad de calor con respecto a la región de calentamiento de alta temperatura debido a que no se aplica la corriente al par de electrodos mientras se mueve el primer electrodo desde el otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura a un extremo de una próxima región de calentamiento de alta temperatura.

20 La corriente puede detenerse de ser aplicada al par de electrodos en una sección de la región de calentamiento de alta temperatura en la que el área de corte transversal de la pieza de trabajo de placa no varía con respecto a una posición en la dirección longitudinal.

25 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método de fabricación de productos moldeados a presión. El método de fabricación de producto moldeado a presión incluye calentar una pieza de trabajo de placa mediante el método de calentamiento por resistencia directa descrito anteriormente, y presionar la pieza de trabajo de placa usando un troquel de prensa para realizar el moldeo por prensado en caliente.

30 De acuerdo con la invención, dado que la cantidad de calor por unidad de volumen en la región de calentamiento de alta temperatura es mayor que en la región de calentamiento sin alta temperatura realizando el paso de calentamiento, la región de calentamiento de alta temperatura y la región de calentamiento sin alta temperatura se forman en la dirección longitudinal y la producción en masa se puede realizar mediante un control relativamente simple. Además, es posible fabricar fácilmente un producto moldeado a presión.

Breve descripción de los dibujos

[fig.1A] Fig. 1A es una vista en planta de una pieza de trabajo de placa de acuerdo con una realización de la presente invención.

[fig.1B] Fig. 1B es una vista frontal de la pieza de trabajo de placa.

35 [fig.1C] Fig. 1C es un diagrama para ilustrar un método de calentamiento de la pieza de trabajo de placa mediante el método de calentamiento por resistencia directa de acuerdo con una realización de la presente invención.

40 [fig.2A]Fig. 2A es un diagrama que ilustra una corriente  $I$  con respecto a una posición en una dirección longitudinal, en un caso en el que la pieza de trabajo de placa tiene una región de calentamiento de alta temperatura calentada por calentamiento por resistencia directa de manera que se aplica una corriente constante a un par de electrodos y se controla una velocidad de movimiento de uno de los electrodos.

[fig.2B]Fig. 2B es un diagrama que ilustra una velocidad  $v(x)$  del electrodo móvil con respecto a la posición en la dirección longitudinal.

[fig.2C]Fig. 2C es un diagrama que ilustra un tiempo transcurrido con respecto a la posición en la dirección longitudinal.

45 [fig.2D]Fig. 2D es un diagrama que ilustra una temperatura de calentamiento final con respecto a la posición en la dirección longitudinal.

[fig.3A]Fig. 3A es un diagrama que ilustra una corriente  $I$  con respecto a una posición en una dirección longitudinal, en un caso en el que la pieza de trabajo de placa tiene una región de calentamiento de alta temperatura calentada por calentamiento por resistencia directa de manera que se controla una corriente aplicada al par de electrodos y uno de los electrodos se mueve a una velocidad constante.

50 [fig.3B]Fig. 3B es un diagrama que ilustra una velocidad  $v(x)$  del electrodo móvil con respecto a la posición en la dirección longitudinal.

[fig.3C]Fig. 3C es un diagrama que ilustra un tiempo transcurrido con respecto a la posición en la dirección longitudinal.

- [fig.3D]Fig. 3D es un diagrama que ilustra una temperatura de calentamiento final con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- 5 [fig.4A]Fig. 4A es un diagrama que ilustra una corriente  $I$  con respecto a una posición en una dirección longitudinal, en un caso en el que la pieza de trabajo de placa tiene una región de calentamiento sin alta temperatura entre regiones de calentamiento de alta temperatura calentada por calentamiento por resistencia directa de manera que se aplica una corriente constante al par de electrodos.
- [fig.4B]Fig. 4B es un diagrama que ilustra una velocidad  $v(x)$  del electrodo móvil con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- [fig.4C]Fig. 4C es un diagrama que ilustra un tiempo transcurrido con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- 10 [fig.4D]Fig. 4D es un diagrama que ilustra una temperatura de calentamiento final con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- [fig.5A]Fig. 5A es un diagrama que ilustra una corriente  $I$  con respecto a una posición en una dirección longitudinal, en un caso en el que la pieza de trabajo de placa tiene una región de calentamiento sin alta temperatura entre regiones de calentamiento de alta temperatura calentada por calentamiento por resistencia directa de modo que uno de los electrodos se mueve a una velocidad constante.
- 15 [fig.5B]Fig. 5B es un diagrama que ilustra una velocidad  $v(x)$  del electrodo móvil con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- [fig.5C]Fig. 5C es un diagrama que ilustra un tiempo transcurrido con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- [fig.5D]Fig. 5D es un diagrama que ilustra una temperatura de calentamiento final con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- 20 [fig.6A]Fig. 6A es un diagrama que ilustra una corriente  $I$  con respecto a una posición en una dirección longitudinal, en un caso en el que la pieza de trabajo de placa tiene dos regiones de calentamiento sin alta temperatura, cada una definida entre regiones de calentamiento de alta temperatura calentada por calentamiento por resistencia directa de manera que se aplica una corriente constante al par de electrodos.
- 25 [fig.6B]Fig. 6B es un diagrama que ilustra una velocidad  $v(x)$  del electrodo móvil con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- [fig.6C]Fig. 6C es un diagrama que ilustra un tiempo transcurrido con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- [fig.6D]Fig. 6D es un diagrama que ilustra una temperatura de calentamiento final con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- 30 [fig.7A]Fig. 7A es un diagrama que ilustra una corriente  $I$  con respecto a una posición en una dirección longitudinal, en un caso en el que la pieza de trabajo de placa tiene dos regiones de calentamiento sin alta temperatura, cada una definida entre regiones de calentamiento de alta temperatura calentada por calentamiento por resistencia directa de modo que uno de los electrodos se mueve a una velocidad constante.
- 35 [fig.7B]Fig. 7B es un diagrama que ilustra una velocidad  $v(x)$  del electrodo móvil con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- [fig.7C]Fig. 7C es un diagrama que ilustra un tiempo transcurrido con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- [fig.7D]Fig. 7D es un diagrama que ilustra una temperatura de calentamiento final con respecto a la posición en la dirección longitudinal.
- 40 [fig.8] Fig. 8 es una vista en planta de una porción de una pieza de trabajo de placa que es diferente de la pieza de trabajo de placa de la Fig. 1A.
- [fig.9A] Fig. 9A es una vista en planta de una pieza de trabajo de placa que es diferente de las de aquellas de las Figs. 1A y 8.
- [fig.9B] Fig. 9B es una vista frontal de la pieza de trabajo de placa de la Fig. 9A.
- 45 [fig.10] Fig. 10 es una vista en planta de una pieza de trabajo de placa que es diferente de las ilustradas en las Figs. 1A, 8 y 9A.

Descripción de las realizaciones

En lo sucesivo, las realizaciones de la invención se describirán en detalle con referencia a los dibujos.

**Ejemplo 1 de pieza de trabajo**

Una pieza de trabajo de acuerdo con una realización de la presente invención es una pieza de trabajo de placa cuya área de corte transversal varía en una dirección longitudinal de la misma, es decir, un área de corte transversal perpendicular a la dirección longitudinal varía en una dirección longitudinal. Un ejemplo de la misma es una lámina de acero que tiene un espesor constante y una anchura que disminuye o aumenta de manera monótona a lo largo de su dirección longitudinal. A continuación, se realizará una descripción en conexión con una pieza de trabajo de placa mostrada en la Fig. 1A, es decir, una pieza de trabajo de placa que tiene un ancho mayor en el lado izquierdo que en el lado derecho. Con el fin de calentar dicha pieza de trabajo W mediante calentamiento por resistencia directa, un primer electrodo 1 y un segundo electrodo 2 están dispuestos en un extremo de una región objetivo de calentamiento en el lado de gran anchura, y los electrodos 1 y 2 están conectados al equipo de suministro de energía a través de cables. La corriente de suministro puede ser una corriente DC o una corriente AC. En la siguiente descripción, el primer electrodo 1 está configurado como un electrodo móvil y el segundo electrodo 2 está configurado como un electrodo fijo, pero ambos electrodos pueden configurarse como electrodos móviles como se describirá más adelante. El segundo electrodo 2 está dispuesto en el extremo izquierdo que tiene un ancho grande y el primer electrodo 1 está dispuesto en la proximidad del lado derecho del segundo electrodo 2. Tanto el primer electrodo 1 como el segundo electrodo 2 son más largos que el ancho de una región objetivo de calentamiento y están dispuestos para extenderse a través de la región objetivo de calentamiento. El electrodo móvil está unido a un mecanismo de movimiento (no ilustrado) y se mueve a lo largo de la dirección longitudinal en contacto con la pieza de trabajo W de placa.

Como un ejemplo de referencia para explicar una realización de la invención, se describirá un método de calentamiento por resistencia directa cuando se establece una región objetivo de calentamiento a una temperatura alta en la pieza de trabajo W de placa ilustrada en la Fig. 1A. Se considera que una región objetivo de calentamiento de la pieza de trabajo W de placa está virtualmente dividida como se ilustra en la Fig. 1C y las regiones de segmento virtual están dispuestas en la dirección longitudinal. La región del segmento i-ésimo tiene un ancho de placa, es decir, un ancho en la dirección de profundidad, y tiene una distancia  $\Delta L (= L/n)$  que se obtiene al dividir la distancia L en la dirección longitudinal en n secciones. Cuando una corriente de paso cuando el electrodo móvil atraviesa la distancia  $\Delta L$  se define como  $I_i$  y un tiempo de suministro de corriente se define como  $t_i$ , se determina un aumento de temperatura  $\theta_i$  de la región del segmento i-ésimo dependiendo de la suma total de energía suministrada por el suministro de corriente después de que el electrodo móvil pase a través de la sección y se exprese mediante la Ecuación (1). Aquí, i es un número natural de 1 a n.

[mat.1]

$$\theta_i = \frac{\rho_e}{C \rho} \frac{1}{A_i^2} \sum_i^n (I_i^2 \times t_i) \quad (1)$$

Aquí,  $\rho_e$  denota resistividad ( $\Omega\text{m}$ ),  $\rho$  denota una densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), C indica calor específico ( $\text{J}/\text{kg}\times^\circ\text{C}$ ), y  $A_i$  denota un área de corte transversal de la región del segmento i-ésimo.

Con el fin de hacer constantes las temperaturas de las secciones cuando la resistividad, el calor específico y la densidad de la pieza de trabajo de placa están sustancialmente en los mismos intervalos, la corriente  $I_i$  y el tiempo de suministro de corriente  $t_i$  en cada sección solo tienen que ser determinados para satisfacer una relación expresada por la Ecuación (2).

[Mat.2]

$$\begin{aligned} \frac{1}{A_1^2} \sum_{i=1}^n (I_i^2 \times t_i) &= \frac{1}{A_2^2} \sum_{i=2}^n (I_i^2 \times t_i) = \dots \\ &= \frac{1}{A_n^2} \sum_{i=n}^n (I_i^2 \times t_i) \quad (2) \end{aligned}$$

Es decir, con el fin de calentar uniformemente la pieza W de trabajo de placa, una o ambas corrientes aplicadas a un par de electrodos que incluyen el primer electrodo 1 y el segundo electrodo 2 y una velocidad del electrodo móvil solo tienen que controlarse de modo que una cantidad de calor por unidad de volumen suministrada a través del suministro de corriente después del electrodo móvil se mueve a través de una región de segmento para cada región de segmento que se obtiene dividiendo la pieza de trabajo de placa en la dirección longitudinal.

5

En general, cuando se desea dividir una región objetivo de calentamiento en n secciones en la dirección longitudinal y se desea que cada región objetivo de calentamiento dividida tenga una cierta distribución de temperatura, se puede considerar lo siguiente. Es decir, cuando la temperatura de la sección i-ésima se define como  $\theta_i$  y su distribución de temperatura puede expresarse mediante  $\theta_i = f(x_i)$ , la corriente  $I_i$  y el tiempo de suministro de corriente  $t_i$  en cada sección pueden controlarse para satisfacer la siguiente relación.

10

[Mat. 3]

$$\frac{1}{A_1} \sum_{i=1}^n (I_i^2 \times t_i) = f(x_1)$$

$$\frac{1}{A_2} \sum_{i=2}^n (I_i^2 \times t_i) = f(x_2)$$

.

.

.

$$\frac{1}{A_n} \sum_{i=n}^n (I_i^2 \times t_i) = f(x_n)$$

Aquí, se establece  $x_i = \Delta L \times i$ , donde  $i = 1$  a  $n$ .

Cuando la velocidad de movimiento del electrodo es constante, la corriente  $I_i$  se puede ajustar dependiendo del área de corte transversal  $A_i$  de cada sección. Cuando la corriente  $I_i$  es constante, la velocidad de movimiento del electrodo puede ajustarse dependiendo del área de corte transversal  $A_i$  de cada sección. La corriente  $I_i$  y la velocidad de movimiento del electrodo se pueden ajustar dependiendo del área de corte transversal  $A_i$  de cada sección. Aquí, la velocidad de movimiento  $v_i$  del electrodo en la región  $W_i$  del segmento  $i$ -ésimo se define por  $\Delta L/t_i$ . El movimiento del electrodo se detiene cuando el electrodo móvil se mueve a la región del segmento  $n$ -ésimo y se continúa suministrando una corriente por el tiempo requerido para elevar la temperatura de la región del segmento  $n$ -ésimo después de detener el movimiento del electrodo, por lo que la región objetivo de calentamiento tiene una distribución de temperatura. Aquí, la expresión "tener una distribución de temperatura" incluye tanto un significado del mismo intervalo de temperatura como el significado de tener un gradiente de temperatura.

15

20

Las Figs. 2A a 2D ilustran un método de calentamiento por resistencia directa en un caso en el que la pieza de trabajo de placa tiene una región de calentamiento de alta temperatura, se aplica una corriente constante al par de electrodos

y se controla la velocidad de movimiento de uno de los electrodos. Como se ilustra en la Fig. 2A, se mantiene constante la corriente  $I$  con respecto a una posición en la dirección longitudinal, la velocidad de movimiento del primer electrodo 1 se hace variar a  $v(x)$  con base en una variación en el área de corte transversal para satisfacer la Ecuación (2) y para aumentar como se ilustra en la Fig. 2B. Entonces, se ilustra una relación entre un tiempo transcurrido desde el inicio de suministro de corriente y la posición del primer electrodo 1 en la Fig. 2C, y se hace que la temperatura de calentamiento final sea uniforme como se ilustra en la Fig. 2D, por lo que se calienta la pieza de trabajo  $W$  de placa.

Las Figs. 3A a 3D ilustran un método de calentamiento por resistencia directa en un caso en el que la pieza de trabajo de placa tiene una región de calentamiento de alta temperatura, se controla una corriente aplicada al par de electrodos y el primer electrodo 1 se mueve a una velocidad constante. Como se ilustra en la Fig. 3B, el primer electrodo se mueve a una velocidad constante  $v$ , la corriente  $I(x)$  suministrada al par de electrodos se hace variar con base en una variación en el área de corte transversal para satisfacer la Ecuación (2) y para disminuir como se ilustra en la Fig. 3A. Entonces, se ilustra una relación entre un tiempo transcurrido desde el inicio de suministro de corriente y la posición del primer electrodo 1 en la Fig. 3C, y se hace que una temperatura de calentamiento final sea uniforme como se ilustra en la Fig. 3D, por lo que se calienta la pieza de trabajo  $W$  de placa.

Método de calentamiento por resistencia directa para la pieza de trabajo de placa que tiene una región de calentamiento de alta temperatura y una región de calentamiento de temperatura no alta

La realización de la invención se relaciona con un método para aplicar una corriente a una pieza de trabajo de placa, un área de corte transversal de la cual varía en la dirección longitudinal de la pieza de trabajo de placa, y calentar la pieza de trabajo de placa de manera que se suministran una región calentada a alta temperatura y una región calentada sin alta temperatura, una al lado de la otra a lo largo de la dirección longitudinal. Este método de calentamiento por resistencia directa se implementa realizando un paso de preparación y un paso de calentamiento, y se proporcionan alternativamente una región calentada a alta temperatura y una región calentada a no alta temperatura a lo largo de la dirección longitudinal realizando un paso sin calentamiento.

En el paso de preparación, un par de electrodos que incluyen un primer electrodo y un segundo electrodo están dispuestos en una pieza de trabajo de placa.

En el paso de calentamiento, el primer electrodo se mueve en la dirección longitudinal mientras se aplica una corriente al par de electrodos en un estado en el que el primer electrodo está en un extremo de la región de calentamiento de alta temperatura, el movimiento del electrodo se detiene temporalmente cuando el primer electrodo alcanza el otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura, y se detiene la corriente de ser aplicada al par de electrodos cuando transcurre un tiempo predeterminado después de que se ha detenido el movimiento del electrodo.

En el paso sin calentamiento, el movimiento del primer electrodo en la dirección longitudinal se reinicia después del paso de calentamiento, el primer electrodo se mueve a un extremo de una próxima región de calentamiento de alta temperatura para una transición al siguiente paso de calentamiento.

En el paso de preparación, el segundo electrodo puede estar dispuesto en el lado de gran anchura de la región de calentamiento de alta temperatura y el primer electrodo puede estar dispuesto en el lado de ancho pequeño de la región de calentamiento de alta temperatura en las proximidades del segundo electrodo. Alternativamente, el segundo electrodo puede estar dispuesto en el lado de gran anchura de la región de calentamiento sin alta temperatura, el primer electrodo puede estar dispuesto en el lado de ancho pequeño de la región de calentamiento de alta temperatura en la proximidad del segundo electrodo, y luego el primer electrodo puede moverse en la dirección longitudinal para alcanzar un extremo de la región de calentamiento de alta temperatura. Es decir, el primer electrodo y el segundo electrodo pueden estar dispuestos en la pieza de trabajo de placa y al menos cualquier electrodo puede moverse para realizar el paso de calentamiento.

El tiempo predeterminado en el paso de calentamiento es, por ejemplo, un período de tiempo durante el cual el primer electrodo se mueve desde el otro extremo de una región de calentamiento de alta temperatura hasta un extremo de la siguiente región de calentamiento de alta temperatura en el paso sin calentamiento. En este momento, se complementa un déficit de una cantidad de calor causada por detener el suministro de corriente cuando el primer electrodo se mueve a través de una región de calentamiento sin alta temperatura. Cuando el número de regiones de calentamiento de alta temperatura es uno, el tiempo predeterminado se establece como un tiempo en el que un área se calienta para tener una distribución de temperatura predeterminada como un todo y se puede complementar una cantidad de calor requerida hasta que la temperatura sube a una temperatura predeterminada. Lo mismo es cierto cuando el número de regiones de calentamiento de alta temperatura es dos o más y cuando el movimiento del electrodo se detiene en el otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura final. Aquí, la expresión "tener una distribución de temperatura" incluye tanto un significado del mismo intervalo de temperatura como un significado de tener un gradiente de temperatura.

Tanto la corriente aplicada al par de electrodos como la velocidad de movimiento del primer electrodo, pueden controlarse de forma variable de modo que la cantidad de calor por unidad de volumen proporcionada por el suministro de corriente en cada paso de calentamiento esta en el mismo intervalo para cada región de segmento en la que la pieza de trabajo  $W$  de placa se divide en la dirección longitudinal como se ilustra en la Fig. 1C, o puede controlarse de

manera que una de ellas sea fija y la otra es variable. En general, una o ambas de las corrientes aplicadas al par de electrodos y la velocidad de movimiento del primer electrodo pueden controlarse de manera que la región objetivo de calentamiento tenga una temperatura en el mismo intervalo en la dirección longitudinal. Aquí, la distribución de temperatura incluye tanto un intervalo de temperatura equivalente como un cierto gradiente de temperatura.

- 5 Método de calentamiento por resistencia directa que usa corriente constante cuando la pieza de trabajo de placa tiene una región de calentamiento sin alta temperatura entre regiones de calentamiento de alta temperatura

Se describirá un ejemplo en el que la pieza de trabajo de placa tiene una región de calentamiento sin alta temperatura entre regiones de calentamiento de alta temperatura. Se establece un eje  $x$  en la dirección longitudinal de la pieza de trabajo  $W$  de placa ilustrada en las Figs. 1A a 1C y un extremo que tiene un ancho grande se establece en  $x = 0$ . Se establece un intervalo de  $x_1 \leq x \leq x_2$  como la región de calentamiento sin alta temperatura. El suministro de corriente se detiene temporalmente cuando el primer electrodo 1 como el electrodo móvil se encuentra en el área de  $x_1 \leq x \leq x_2$ . Las Figs. 4A a 4D son diagramas que ilustran esquemáticamente un método de calentamiento por resistencia directa que usa una corriente constante cuando una región de calentamiento sin alta temperatura se establece en una pieza de trabajo de placa  $W$  y regiones de calentamiento de alta temperatura se establecen en ambos lados de la misma e ilustran una corriente  $I$ , una velocidad  $v(x)$  de un electrodo móvil, un tiempo transcurrido y una temperatura de calentamiento final con respecto a una posición en la dirección longitudinal.

- 10 Se establece un intervalo de  $x_1 \leq x \leq x_2$  como la región de calentamiento sin alta temperatura. El suministro de corriente se detiene temporalmente cuando el primer electrodo 1 como el electrodo móvil se encuentra en el área de  $x_1 \leq x \leq x_2$ . Las Figs. 4A a 4D son diagramas que ilustran esquemáticamente un método de calentamiento por resistencia directa que usa una corriente constante cuando una región de calentamiento sin alta temperatura se establece en una pieza de trabajo de placa  $W$  y regiones de calentamiento de alta temperatura se establecen en ambos lados de la misma e ilustran una corriente  $I$ , una velocidad  $v(x)$  de un electrodo móvil, un tiempo transcurrido y una temperatura de calentamiento final con respecto a una posición en la dirección longitudinal.

Cuando el suministro de corriente se detiene mientras el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  como se ilustra en la Fig. 4A, y se establecen la velocidad  $v(x)$  del electrodo móvil y el tiempo transcurrido iguales a los ilustrados en las Figs. 2B y 2C como se ilustra en las Figs. 4B y 4C, el área de  $x_2 \leq x \leq L$  se calienta a una temperatura predeterminada, pero el área de  $0 \leq x \leq x_1$  no se calienta a la temperatura indicada por una línea de puntos en la Fig. 4D porque se detiene el suministro de corriente mientras que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y, por lo tanto, no se suministra una cantidad de calor en el período en el que se detiene el suministro de corriente.

- 20 Cuando el suministro de corriente se detiene mientras el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  como se ilustra en la Fig. 4A, y se establecen la velocidad  $v(x)$  del electrodo móvil y el tiempo transcurrido iguales a los ilustrados en las Figs. 2B y 2C como se ilustra en las Figs. 4B y 4C, el área de  $x_2 \leq x \leq L$  se calienta a una temperatura predeterminada, pero el área de  $0 \leq x \leq x_1$  no se calienta a la temperatura indicada por una línea de puntos en la Fig. 4D porque se detiene el suministro de corriente mientras que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y, por lo tanto, no se suministra una cantidad de calor en el período en el que se detiene el suministro de corriente.

Por lo tanto, con el fin de evitar que el área de  $0 \leq x \leq x_1$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa no se caliente a una temperatura alta predeterminada, el movimiento del electrodo móvil puede detenerse temporalmente por el tiempo requerido para mover el electrodo móvil de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_1$ , se puede suministrar continuamente una corriente constante  $I$ , luego se puede detener temporalmente el suministro de corriente, el electrodo móvil se puede mover de  $x = x_1$  a  $x = x_2$ , y luego se puede reiniciar el suministro de corriente constante.

- 25 Por lo tanto, con el fin de evitar que el área de  $0 \leq x \leq x_1$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa no se caliente a una temperatura alta predeterminada, el movimiento del electrodo móvil puede detenerse temporalmente por el tiempo requerido para mover el electrodo móvil de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_1$ , se puede suministrar continuamente una corriente constante  $I$ , luego se puede detener temporalmente el suministro de corriente, el electrodo móvil se puede mover de  $x = x_1$  a  $x = x_2$ , y luego se puede reiniciar el suministro de corriente constante.

Es decir, el movimiento del electrodo móvil se detiene temporalmente cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_1$  y se suministra una corriente constante en un momento en el que el electrodo móvil se mueve hipotéticamente a  $x = x_2$  en el supuesto de que la velocidad de movimiento  $v(x)$  varía dependiendo de la variación en el área de corte transversal, mientras que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y el electrodo móvil se mueve continuamente a la velocidad de movimiento  $v(x)$ . Entonces, se puede complementar una cantidad de calor deficiente en el área de  $0 \leq x \leq x_1$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa. El tiempo hasta que se detiene el suministro de corriente después de que el electrodo móvil alcanza  $x = x_1$  se establece en el tiempo requerido para compensar un déficit de la cantidad de calor en el área de  $x \leq x_1$  porque el suministro de corriente se detiene mientras que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$ . En este momento, la corriente aplicada al par de electrodos puede variar.

- 30 Es decir, el movimiento del electrodo móvil se detiene temporalmente cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_1$  y se suministra una corriente constante en un momento en el que el electrodo móvil se mueve hipotéticamente a  $x = x_2$  en el supuesto de que la velocidad de movimiento  $v(x)$  varía dependiendo de la variación en el área de corte transversal, mientras que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y el electrodo móvil se mueve continuamente a la velocidad de movimiento  $v(x)$ . Entonces, se puede complementar una cantidad de calor deficiente en el área de  $0 \leq x \leq x_1$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa. El tiempo hasta que se detiene el suministro de corriente después de que el electrodo móvil alcanza  $x = x_1$  se establece en el tiempo requerido para compensar un déficit de la cantidad de calor en el área de  $x \leq x_1$  porque el suministro de corriente se detiene mientras que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$ . En este momento, la corriente aplicada al par de electrodos puede variar.

Dado que el tiempo hasta que el electrodo móvil se mueve desde  $x = x_1$  hasta  $x = x_2$  después de que el suministro de corriente se detiene temporalmente apenas afecta la temperatura de calentamiento final de la pieza de trabajo  $W$  de placa, el electrodo móvil puede moverse a una velocidad arbitraria.

- 40 Método de calentamiento por resistencia directa que usa un electrodo que se mueve a una velocidad constante cuando la pieza de trabajo de placa tiene una región de calentamiento sin alta temperatura entre las regiones de calentamiento de alta temperatura

A diferencia del ejemplo de las Figs. 4A a 4D, se describirá a continuación un calentamiento por resistencia directa que usa el movimiento del electrodo móvil a una velocidad constante. Las Figs. 5A a 5D son diagramas que ilustran un método de calentamiento por resistencia directa que usa movimiento de un electrodo a velocidad constante cuando una región de calentamiento sin alta temperatura se fija en una pieza de trabajo  $W$  de placa y regiones de calentamiento de alta temperatura se establecen en ambos lados de la misma e ilustran una corriente  $I$ , una velocidad  $v$  de un electrodo móvil, un tiempo transcurrido y una temperatura de calentamiento final con respecto a una posición en la dirección longitudinal.

- 45 A diferencia del ejemplo de las Figs. 4A a 4D, se describirá a continuación un calentamiento por resistencia directa que usa el movimiento del electrodo móvil a una velocidad constante. Las Figs. 5A a 5D son diagramas que ilustran un método de calentamiento por resistencia directa que usa movimiento de un electrodo a velocidad constante cuando una región de calentamiento sin alta temperatura se fija en una pieza de trabajo  $W$  de placa y regiones de calentamiento de alta temperatura se establecen en ambos lados de la misma e ilustran una corriente  $I$ , una velocidad  $v$  de un electrodo móvil, un tiempo transcurrido y una temperatura de calentamiento final con respecto a una posición en la dirección longitudinal.

Cuando el suministro de corriente se detiene mientras el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  como se ilustra en la Fig. 5A y se establecen la velocidad del electrodo móvil y el tiempo transcurrido iguales a los ilustrados en las Figs. 3B y 3C como se ilustra en las Figs. 5B y 5C, el área de  $x_2 \leq x \leq L$  se calienta a una temperatura predeterminada, pero el área de  $0 \leq x \leq x_1$  no se calienta a la temperatura indicada por una línea de puntos en la Fig. 5D porque se detiene el suministro de corriente mientras que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y, por lo tanto, no se suministra una cantidad de calor en el período en el que se detiene el suministro de corriente.

- 50 Cuando el suministro de corriente se detiene mientras el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  como se ilustra en la Fig. 5A y se establecen la velocidad del electrodo móvil y el tiempo transcurrido iguales a los ilustrados en las Figs. 3B y 3C como se ilustra en las Figs. 5B y 5C, el área de  $x_2 \leq x \leq L$  se calienta a una temperatura predeterminada, pero el área de  $0 \leq x \leq x_1$  no se calienta a la temperatura indicada por una línea de puntos en la Fig. 5D porque se detiene el suministro de corriente mientras que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y, por lo tanto, no se suministra una cantidad de calor en el período en el que se detiene el suministro de corriente.

Por lo tanto, para evitar que el área de  $0 \leq x \leq x_1$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa no se caliente a una alta temperatura predeterminada, se controla y se suministra continuamente una corriente dependiendo de la variación en el área del



corte transversal en el supuesto que el electrodo móvil se mueve a una velocidad constante  $v$  cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_1$ , y el movimiento del electrodo se detiene temporalmente en el tiempo requerido para mover el electrodo móvil de  $x = x_1$  a  $x = x_2$ , es decir, el tiempo requerido para mover el electrodo móvil a la velocidad  $v$  sobre la longitud en la dirección longitudinal de la región de calentamiento sin alta temperatura. A partir de entonces, el suministro de corriente se detiene temporalmente, el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  a una velocidad constante  $v$ , y se reinicia el suministro de corriente constante. Es decir, el movimiento del electrodo móvil se detiene en  $x = x_1$  y la corriente se controla para satisfacer la Ecuación (2) cuando se supone que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$ . Entonces, es posible complementar la cantidad deficiente de calor en el área de  $0 \leq x \leq x_1$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa. Ya que la operación de detener temporalmente el suministro de corriente y mover el electrodo móvil de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  apenas afecta la temperatura de calentamiento final de la pieza de trabajo  $W$  de placa, el electrodo móvil puede moverse a una velocidad arbitraria.

Método de calentamiento por resistencia directa que usa corriente constante cuando la pieza de trabajo de placa tiene dos regiones de calentamiento sin alta temperatura definidas entre regiones de calentamiento de alta temperatura.

Se describirá un ejemplo en el que la pieza de trabajo  $W$  de placa tiene dos regiones de calentamiento sin alta temperatura, cada una definida entre regiones de calentamiento de alta temperatura. Un área de  $x_1 \leq x \leq x_2$  y un área de  $x_3 \leq x \leq x_4$  se configuran como las regiones de calentamiento de no alta temperatura. El suministro de corriente se detiene temporalmente cuando el electrodo móvil se encuentra en el área de  $x_1 \leq x \leq x_2$  y el área de  $x_3 \leq x \leq x_4$ . Las Figs. 6A a 6D son diagramas que ilustran esquemáticamente un método de calentamiento por resistencia directa que usa una corriente constante cuando dos regiones de calentamiento sin alta temperatura se ajustan en una pieza de trabajo  $W$  de placa y se establecen regiones de calentamiento de alta temperatura en ambos lados del mismo e ilustran una corriente  $I$ , una velocidad  $v(x)$  de un electrodo móvil, un tiempo transcurrido y una temperatura de calentamiento final con respecto a una posición en la dirección longitudinal.

Cuando el suministro de corriente se detiene mientras el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y de  $x = x_3$  a  $x = x_4$  como se ilustra en la Fig. 6A y se establece la velocidad  $v(x)$  del electrodo móvil y el tiempo transcurrido iguales a los ilustrados en las Figs. 2B y 2C como se ilustra en las Figs. 6B y 6C, el área de  $x_4 \leq x \leq L$  se calienta a una temperatura predeterminada, pero el área de  $0 \leq x \leq x_1$  no se calienta a una temperatura alta predeterminada porque el suministro de corriente se detiene mientras el electrodo móvil se mueve desde  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y de  $x = x_3$  a  $x = x_4$  y, por lo tanto, no se suministra una cantidad de calor en el período en el que se detiene el suministro de corriente. El área de  $x_2 \leq x \leq x_3$  tampoco se calienta a una temperatura alta predeterminada porque el suministro de corriente se detiene mientras el electrodo móvil se mueve de  $x = x_3$  a  $x = x_4$  y, por lo tanto, no se suministra una cantidad de calor en el período en que el suministro de corriente se detiene.

Por lo tanto, con el fin de evitar que el área de  $0 \leq x \leq x_1$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa no se caliente a una temperatura alta predeterminada, el movimiento del electrodo móvil se detiene temporalmente por el tiempo requerido para mover el electrodo móvil desde  $x = x_1$  hasta  $x = x_2$  cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_1$ , se alimenta continuamente una corriente  $I$  constante, luego el suministro de corriente se detiene temporalmente, el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$ , y luego el suministro de corriente constante se reinicia.

Con el fin de evitar que el área de  $x_3 \leq x \leq x_4$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa no se caliente a una temperatura alta predeterminada, el movimiento del electrodo móvil se detiene temporalmente en el tiempo requerido para mover el electrodo móvil de  $x = x_3$  a  $x = x_4$  cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_3$ , se suministra continuamente una corriente  $I$  constante, luego el suministro de corriente se detiene temporalmente, el electrodo móvil se mueve de  $x = x_3$  a  $x = x_4$ , y luego el suministro de corriente constante puede reiniciarse. Esto es útil para evitar que el área de  $x_1 \leq x \leq x_2$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa no se caliente a una temperatura alta predeterminada.

Es decir, el movimiento del electrodo móvil se detiene temporalmente cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_1$  y la corriente  $I$  constante se suministra en un momento en el que el electrodo móvil se mueve hipotéticamente de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  en la velocidad de movimiento  $v(x)$ . Cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_3$ , el movimiento se detiene temporalmente y la corriente  $I$  constante se suministra en un momento en el que el electrodo móvil se mueve hipotéticamente desde  $x = x_3$  a  $x = x_4$  a la velocidad de movimiento  $v(x)$ . Entonces, se puede complementar una cantidad deficiente de calor en el área de  $0 \leq x \leq x_1$  y el área de  $x_3 \leq x \leq x_4$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa. En general, el tiempo en que se suministra una corriente en  $x = x_1$  y  $x = x_3$  sin mover el electrodo móvil se determina como una corriente y un tiempo requeridos para compensar un déficit del suministro de corriente a la región de calentamiento de alta temperatura mientras que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y de  $x = x_3$  a  $x = x_4$ .

Método de calentamiento por resistencia directa que usa el movimiento del electrodo a velocidad constante cuando la pieza de trabajo de placa tiene dos regiones de calentamiento sin alta temperatura, cada una definida entre regiones de calentamiento de alta temperatura

A diferencia del ejemplo de las Figs. 6A a 6D, se describirá a continuación un calentamiento por resistencia directa que usa el electrodo móvil que se mueve a una velocidad constante. Las Figs. 7A a 7D son diagramas que ilustran esquemáticamente un método de calentamiento por resistencia directa que usa el movimiento de un electrodo a velocidad constante cuando dos regiones de calentamiento sin alta temperatura se colocan en una pieza de trabajo  $W$  de placa y las regiones de calentamiento de alta temperatura se establecen en ambos lados de la misma y que

ilustra una corriente  $I(x)$ , una velocidad  $v$  de un electrodo móvil, un tiempo transcurrido y una temperatura de calentamiento final con respecto a una posición en la dirección longitudinal.

5 Cuando el suministro de corriente se detiene mientras el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y de  $x = x_3$  a  $x = x_4$  como se ilustra en la Fig. 7A y se establecen la velocidad  $v$  del electrodo móvil y el tiempo transcurrido iguales a los ilustrados en las Figs. 3B y 3C como se ilustra en las Figs. 7B y 7C, el área de  $x_4 \leq x \leq L$  se calienta a una temperatura predeterminada, pero el área de  $0 \leq x \leq x_1$  no se calienta a una temperatura alta predeterminada porque el suministro de corriente se detiene mientras el electrodo móvil se mueve desde  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y de  $x = x_3$  a  $x = x_4$  y, por lo tanto, no se suministra una cantidad de calor en el período en el que se detiene el suministro de corriente.

10 Por lo tanto, para evitar que el área de  $0 \leq x \leq x_1$  y el área de  $x_2 \leq x \leq x_3$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa no se caliente a una temperatura alta predeterminada, se controla y suministra continuamente una corriente dependiendo de la variación en el área de corte transversal en el supuesto de que el electrodo móvil se mueve a la velocidad  $v$  constante cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_1$ , y el movimiento del electrodo móvil se detiene temporalmente en  $x = x_1$  en el tiempo requerido para mover el electrodo móvil de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  a la velocidad  $v$ . Luego, el suministro de corriente se detiene temporalmente, el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  a la velocidad  $v$  constante, y luego el suministro de la corriente con base en el área de corte transversal se reinicia en  $x = x_2$  cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_2$ .

20 Posteriormente, cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_3$ , se controla y se suministra continuamente una corriente dependiendo de la variación en el área de corte transversal en el supuesto de que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_3$  a  $x = x_4$  a la velocidad  $v$  constante, y el movimiento del electrodo móvil se detiene temporalmente en  $x = x_3$  en el tiempo requerido para mover el electrodo móvil de  $x = x_3$  a  $x = x_4$  a la velocidad  $v$ . A partir de entonces, el suministro de corriente se detiene temporalmente, el electrodo móvil se mueve de  $x = x_3$  a  $x = x_4$  a la velocidad  $v$  constante, y luego el suministro de corriente con base en el área de corte transversal se reinicia en  $x = x_4$  cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_4$ . Esto es útil para evitar que el área de  $x_1 \leq x \leq x_2$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa no se caliente a una temperatura alta predeterminada.

25 Es decir, cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_1$ , el movimiento del electrodo móvil se detiene temporalmente y la corriente se controla y se suministra continuamente dependiendo de la variación en el área de corte transversal en una posición arbitraria del electrodo móvil en el tiempo en que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  a la velocidad  $v$  constante. Luego, el suministro de corriente se detiene, el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$ , y el suministro de la corriente con base en el área de corte transversal se reinicia cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_2$ . Cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_3$ , el movimiento del electrodo móvil se detiene temporalmente y la corriente se controla y se suministra continuamente dependiendo de la variación en el área de corte transversal en una posición arbitraria del electrodo móvil en el momento en que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_3$  a  $x = x_4$  a la velocidad  $v$  constante. Luego, el suministro de corriente se detiene, el electrodo móvil se mueve de  $x = x_3$  a  $x = x_4$ , y el suministro de corriente con base en el área de corte transversal se reinicia cuando el electrodo móvil alcanza  $x = x_4$ . Luego, puede completarse una cantidad deficiente de calor en el área de  $0 \leq x \leq x_1$  y el área de  $x_2 \leq x \leq x_3$  de la pieza de trabajo  $W$  de placa. En general, el tiempo en que se suministra una corriente en  $x = x_1$  y  $x = x_3$  sin mover el electrodo móvil se determina que es una corriente y un tiempo requeridos para compensar un déficit de suministro de corriente a la región de calentamiento de alta temperatura mientras que el electrodo móvil se mueve de  $x = x_1$  a  $x = x_2$  y de  $x = x_3$  a  $x = x_4$ .

40 Aunque se proporcionan dos regiones de calentamiento de alta temperatura en los ejemplos descritos anteriormente, el número de regiones de calentamiento de alta temperatura puede ser más de dos, en cuyo caso el paso de calentamiento y el paso sin calentamiento se pueden repetir secuencialmente como se describe anteriormente.

### Ejemplo 2 de pieza de trabajo y su método de calentamiento por resistencia directa

45 Una pieza de trabajo de placa cuya área de corte transversal varía en la dirección longitudinal o una pieza de trabajo de placa en la que el área de corte transversal no varía en una cierta sección en la dirección longitudinal puede someterse a calentamiento por resistencia directa de la siguiente manera. La Fig. 8 es una vista en planta que ilustra una parte de una pieza de trabajo de placa que es diferente de la ilustrada en la Fig. 1A. En una pieza de trabajo  $W$  de placa 1 en la que el área de corte transversal no varía en un área de  $x_\alpha \leq x \leq x_\beta$  porque la pieza de trabajo tiene un espesor constante y el ancho no varía en el área de  $x_\alpha \leq x \leq x_\beta$  como se ilustra en la Fig. 8, lo siguiente debe llevarse a cabo cuando el área de  $x = 0$  a  $x = x_5$  se establece como la región de calentamiento de alta temperatura. En el paso de preparación, un par de electrodos del primer electrodo 1 y el segundo electrodo 2 están dispuestos en un extremo que tiene un ancho grande de la región de calentamiento de alta temperatura y los electrodos 1 y 2 están conectados al equipo de suministro de corriente. Luego, mientras se controla la velocidad de movimiento y la corriente de suministro como se describió anteriormente para el par de electrodos, el primer electrodo 1 se mueve a  $x = x_\alpha$  y luego el suministro de corriente se detiene temporalmente. El primer electrodo 1 se mueve a  $x = x_\beta$  a una velocidad arbitraria y luego se reinicia el suministro de corriente a la misma velocidad que en  $x = x_\alpha$  en un estado en el que el primer electrodo 1 está ubicado en  $x = x_\beta$ . Por consiguiente, incluso cuando una región de calentamiento de alta temperatura incluye una porción en la que el área de corte transversal no varía, la pieza de trabajo puede calentarse de la misma manera que la descrita anteriormente.

5 Cuando se forma una sección en la que el área de corte transversal no varía en la región de calentamiento de alta temperatura y la región de calentamiento sin alta temperatura, y el primer electrodo 1 se mueve en el orden de la región de calentamiento de alta temperatura y la región de calentamiento sin alta temperatura, el suministro de corriente y la velocidad de movimiento se pueden cambiar con base en el concepto mencionado anteriormente. Por ejemplo, el suministro de corriente se detiene temporalmente en una posición de inicio de una sección en la que el área de corte transversal no varía en la región de calentamiento de alta temperatura, luego el primer electrodo 1 se mueve al otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura, el movimiento del primer electrodo 1 se detiene en esa posición, y la misma corriente que antes de que se interrumpa el suministro de corriente fluye durante un tiempo predeterminado. Aquí, el tiempo predeterminado es un tiempo en el que se suministrará una cantidad de calor a la región de calentamiento de alta temperatura y que ya ha pasado el primer electrodo 1 suponiendo que el primer electrodo 1 se mueve a la siguiente región de calentamiento de alta temperatura a través de la región de calentamiento sin alta temperatura vecina. A continuación, se detiene el suministro de corriente y el primer electrodo 1 se mueve a un extremo de la siguiente región de calentamiento de alta temperatura. La cantidad de corriente que se va a suministrar así como el tiempo predeterminado pueden ajustarse y se puede suministrar la cantidad de calor que se va a suministrar originalmente a la región de calentamiento de alta temperatura y que ya ha sido pasada por el primer electrodo 1.

10 Por otro lado, cuando se forma una sección en la que el área de corte transversal no varía en la región de calentamiento sin alta temperatura y la región de calentamiento de alta temperatura, y el primer electrodo 1 se mueve en el orden de la región de calentamiento sin alta temperatura y la región de calentamiento de alta temperatura, el suministro de corriente y la velocidad de movimiento se pueden cambiar con base en el concepto mencionado anteriormente. Por ejemplo, incluso cuando el primer electrodo 1 se mueve de la región de calentamiento sin alta temperatura a la región de calentamiento de alta temperatura y alcanza un extremo de la región de calentamiento de alta temperatura, el suministro de corriente no se inicia hasta la sección en la que termina el área de corte transversal no varía. Cuando el electrodo alcanza la posición en la que termina la sección en la que el área de corte transversal no varía en la región de calentamiento de alta temperatura, se inicia el suministro de corriente.

### Ejemplo 3 de pieza de trabajo y su método de calentamiento por resistencia directa

15 La Fig. 9A es una vista en planta de una pieza de trabajo de placa que es diferente de las ilustradas en las Figs. 1A y 8, y la Fig. 9B es una vista frontal de la misma. Como se ilustra en la Fig. 9A, se supone una pieza de trabajo W2 de placa en la que el ancho de la pieza de trabajo W2 de placa no varía pero es sustancialmente constante en la dirección de profundidad y el ancho de la misma varía en una o más secciones. El espesor de la pieza de trabajo W2 de placa se establece para que sea grande en la una o más secciones en la dirección horizontal, es decir, la dirección longitudinal y se establece para ser pequeña en las otras secciones. Es decir, una porción de placa delgada R $\alpha$  y una porción de placa gruesa R $\beta$  se disponen alternativamente y una porción de placa delgada R $\alpha$  está presente en ambos extremos. En consecuencia, se forma una irregularidad a lo largo de la dirección longitudinal en al menos una de la superficie frontal y la superficie posterior de la pieza de trabajo W2 de placa. En la Fig. 9B, la irregularidad se ilustra excesivamente en comparación con el espesor.

20 Cuando se calienta la pieza de trabajo W2 de placa ilustrada en las Figs. 9A y 9B mediante calentamiento por resistencia directa, los **electrodos** 1 y 2 están dispuestos en ambos extremos de una región objetivo de calentamiento, a diferencia del ejemplo de la Fig. 1A. Los electrodos 1 y 2 son más largos que el ancho de la región objetivo de calentamiento y están dispuestos para extenderse a través de la región objetivo de calentamiento. El electrodo 1 y el electrodo 2 están conectados al equipo de suministro de corriente a través de cables. Se suministra una corriente al electrodo 1 y al electrodo 2 desde el equipo de suministro de corriente.

25 Entonces, en la pieza de trabajo W2 de placa entre el electrodo 1 y el electrodo 2, la densidad de corriente es grande en una porción en la que el área de corte transversal perpendicular a la dirección longitudinal es pequeña y la densidad de corriente es pequeña en una porción en la cual el área de corte transversal es grande. La cantidad de calor suministrado a la porción que tiene una gran densidad de corriente es mayor que la de la porción que tiene una pequeña densidad de corriente, y la temperatura en la porción que tiene una pequeña densidad de corriente es menor que aquella de la porción que tiene una gran densidad de corriente.

30 Por consiguiente, se puede formar una región de calentamiento de alta temperatura y una región de calentamiento sin alta temperatura a lo largo de la dirección longitudinal de la pieza W2 de trabajo de placa dependiendo del área de corte transversal.

35 Es decir, en una realización de la invención, el método de calentamiento por resistencia directa para disponer una región de calentamiento de alta temperatura y una región de calentamiento sin alta temperatura en la dirección longitudinal aplicando una corriente a la pieza de trabajo de la placa W2, por ejemplo, se realiza disponiendo alternativamente las áreas mediante los siguientes pasos.

40 En primer lugar, se prepara una pieza de trabajo W2 de placa en la que el corte transversal en la dirección longitudinal en la región de calentamiento sin alta temperatura se establece como grande.

Entonces, el primer electrodo 1 está dispuesto en un extremo de la región objetivo de calentamiento de la pieza de trabajo W2 de placa y el segundo electrodo 2 que forma un par está dispuesto en el otro extremo de la región objetivo de calentamiento.

5 A continuación, se suministra una corriente al primer electrodo 1 y al segundo electrodo 2. Aquí, la corriente que debe suministrarse puede ser una corriente DC o una corriente AC.

10 Como se indica mediante una línea de puntos en las Figs. 9A y 9B, la porción 10 de pendiente está formada preferiblemente de manera que la irregularidad en la pieza de trabajo de placa W2 varía lentamente. También es preferible que la irregularidad se forme sobre cualquiera de la superficie frontal y la superficie posterior de la pieza de trabajo de placa W2. Esto se debe a que incluso cuando el área de corte transversal de la pieza de trabajo de placa W2 varía rápidamente a lo largo de la dirección longitudinal, la corriente no se difunde en las proximidades de las superficies delantera y trasera de la pieza de trabajo de placa W2, una cantidad de corriente que fluye en paralelo a la dirección longitudinal aumenta, y la uniformidad de la dureza en la porción que tiene una gran área de corte transversal está dañada.

15 De acuerdo con las realizaciones de la invención, una temperatura de una región de calentamiento de alta temperatura es igual o mayor que el punto Ac3 y es, por ejemplo, igual o superior a 850°C. Una temperatura de una región de calentamiento sin alta temperatura es menor que, por ejemplo, punto Ac1 y es, por ejemplo, igual o inferior a 730°C. Después de calentar una pieza de trabajo de placa mediante calentamiento por resistencia directa, se puede realizar el moldeo de prensa caliente presionando la pieza de trabajo de placa usando un troquel de presión. Por consiguiente, la región de calentamiento de alta temperatura es una porción sometida a enfriamiento rápido y la región de calentamiento de temperatura no alta es una porción sin sometimiento a enfriamiento rápido. Como un resultado, se puede fabricar una placa que tiene una porción que tiene una dureza predeterminada y otras porciones que usan el mismo material sin soldar piezas similares a placas formadas de diferentes materiales o similares.

#### Ejemplo modificado

25 De acuerdo con las realizaciones descritas anteriormente, una región de calentamiento de alta temperatura y una región de calentamiento sin alta temperatura se definen alternativamente en la dirección longitudinal en la región objetivo de calentamiento de la pieza de trabajo de placa. La presente invención se puede aplicar también a una pieza de trabajo de placa descrita a continuación.

30 La Fig. 10 es una vista en planta de una pieza de trabajo de placa que es diferente de las ilustradas en las Figs. 1A, 8 y 9A. La pieza de trabajo W3 de placa ilustrada en la Fig. 10 tiene una forma en la que está presente un valor máximo en la variación del área de corte transversal en la dirección horizontal. Por ejemplo, el espesor es constante y el ancho aumenta monótonamente en la dirección longitudinal y luego disminuye monótonamente. Cuando se calienta la pieza de trabajo W3 de placa por calentamiento por resistencia directa, el primer electrodo 1 y el segundo electrodo 2 están dispuestos en una porción que tiene un ancho grande en una región objetivo de calentamiento y los electrodos 1 y 2 están conectados al equipo de suministro de corriente usando cables. Aquí, la corriente que debe suministrarse puede ser una corriente DC o una corriente AC. En esta realización, el primer electrodo 1 se usa como un electrodo móvil y el segundo electrodo 2 también se usa como un electrodo móvil. Los electrodos móviles están unidos a un mecanismo de movimiento (no ilustrado) y se mueven en las direcciones opuestas a lo largo de las direcciones longitudinales en contacto con la pieza de trabajo W3 de placa.

40 La velocidad de movimiento o la corriente suministrada de cada electrodo móvil se ajusta dependiendo de la variación en el área de corte transversal como se describió anteriormente, y la cantidad de calor por unidad de volumen suministrada a cada área, que está dividida en la dirección longitudinal, a través del suministro de corriente está en el mismo intervalo. En un ejemplo, la velocidad del electrodo aumenta dependiendo de la variación en el área de corte transversal, el electrodo se detiene en un extremo de una región de calentamiento de alta temperatura y la corriente I constante se suministra continuamente cuando el electrodo móvil alcanza el extremo de la región de calentamiento de alta temperatura, el suministro de corriente se detiene temporalmente, el electrodo móvil se mueve a un extremo de la próxima región de calentamiento de alta temperatura y se reinicia el suministro de corriente. En otro ejemplo, la corriente se controla de acuerdo con la variación en el área de corte transversal mientras se mueve el electrodo móvil a una velocidad constante, el electrodo se detiene en un extremo de una región de calentamiento de alta temperatura y la corriente se controla continuamente y suministrada de la misma manera que la descrita en las realizaciones mencionadas anteriormente cuando el electrodo móvil alcanza el extremo de la región de calentamiento de alta temperatura, entonces el suministro de corriente se detiene temporalmente, el electrodo móvil se mueve a un extremo de la siguiente región de calentamiento de alta temperatura, y luego se reinicia el suministro de corriente.

55 En las realizaciones de la invención, en el paso de calentamiento, la región de calentamiento de alta temperatura y la región de calentamiento sin alta temperatura pueden proporcionarse alternativamente controlando una o ambas de la corriente aplicada al par de electrodos y la velocidad de movimiento del primer electrodo, de manera que la región de calentamiento de alta temperatura tiene una distribución de temperatura predeterminada en la dirección longitudinal. Aquí, la temperatura puede variar dependiendo de las áreas en las que se calienta a una temperatura alta o la región de calentamiento de alta temperatura puede tener una distribución de temperatura. Al alcanzar la misma temperatura dentro de cada región de calentamiento de alta temperatura, se pueden controlar una o ambas de las corrientes aplicadas al par de electrodos y la velocidad de movimiento del primer electrodo, de tal forma que la cantidad de calor

60

por unidad de volumen suministrada a cada región de segmento, en la que la pieza de trabajo de placa se divide en la dirección longitudinal, está en el mismo intervalo.

5 En las realizaciones de la invención, la corriente aplicada al par de electrodos y la velocidad de movimiento del primer electrodo se controlan de acuerdo con la variación del área de corte transversal de la pieza de trabajo de placa. Cuando el primer electrodo se mueve a una región de calentamiento de alta temperatura, el movimiento del primer electrodo se detiene temporalmente en el otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura y el par de electrodos se suministra con una corriente para compensar un déficit de la cantidad de calor debido a la falta de suministro de una corriente al par de electrodos mientras el primer electrodo se mueve desde el otro extremo de la región de calentamiento de alta temperatura a un extremo de la próxima región de calentamiento de alta temperatura. En consecuencia, cuando el primer electrodo se mueve en la región de calentamiento sin alta temperatura, es posible compensar el déficit de la cantidad de calor debido a la falta de suministro de una corriente.

### Ejemplos

15 Se preparó una pieza de placa que tiene un trapecio isósceles en una vista en planta que contiene 0.2% de carbono como un material y que tiene una longitud L de 500 mm, un espesor de 0.6 mm, un ancho de 100 mm en un lado y un ancho de 200 mm en el otro lado. Se dispuso un electrodo fijo en un extremo que tenía un ancho grande y se dispuso un electrodo móvil dentro del electrodo fijo. Se estableció una corriente efectiva a una corriente de AC de 50 Hz para ser constante a 2600 A mientras se mueve el electrodo móvil a una velocidad  $v(x)$  que satisface la Ecuación (2). Aquí,  $x = 0$  se estableció en un extremo que tenía un ancho pequeño de la pieza de trabajo de placa y se definió el lado de ancho grande de la pieza de trabajo de placa como la dirección positiva del eje x. La unidad era mm. La región de calentamiento de alta temperatura se ajustó a  $110 \leq x \leq 200$ ,  $300 \leq x \leq 350$  y  $450 \leq x \leq 500$ . El tiempo desde el inicio de calentamiento hasta el final de calentamiento final fue de 16.8 segundos.

20 La temperatura de calentamiento final en cada posición en el eje x se midió usando una termocámara. La posición de medición de la temperatura era casi el centro en la dirección de profundidad. La temperatura final de calentamiento fue 783.3°C a  $x=90$  mm, 860.1°C a  $x=110$  mm, 953.3°C a  $x=130$  mm, 684.4°C a  $x=205$  mm, 703.5°C a  $x=250$  mm, 905.2°C a  $x=305$  mm, 953°C a  $x=325$  mm, 693.5°C a  $x=355$  mm, 720.3°C a  $x=400$  mm, 897.3°C a  $x=455$  mm, y 918.7°C a  $x=490$  mm.

A partir del resultado de la prueba mencionado anteriormente, se pudo ver que una región de calentamiento de alta temperatura y una región de calentamiento sin alta temperatura podrían formarse alternativamente a lo largo de la dirección longitudinal en una pieza de trabajo de placa formada de un único material.

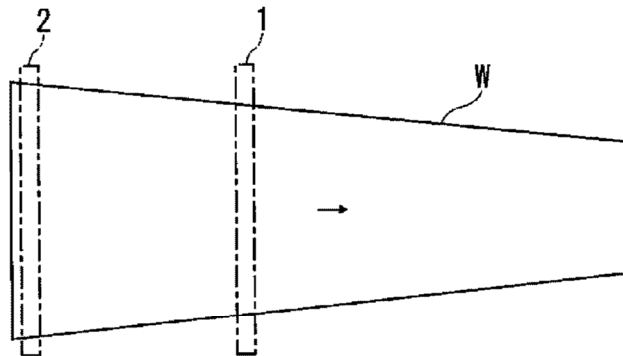
30 Esta solicitud se basa en la Solicitud de Patente Japonesa No. 2014-153370 presentada el 28 de julio de 2014.

## REIVINDICACIONES

1. Un método de calentamiento por resistencia directa en el que se aplica una corriente a una pieza de trabajo (W) de placa, cuya área de corte transversal varía en una dirección longitudinal de la pieza de trabajo (W) de placa, y se calienta la pieza de trabajo (W) de placa de modo que una región de calentamiento de alta temperatura y una región de calentamiento sin alta temperatura están provistas una al lado de la otra a lo largo de la dirección longitudinal, donde el método de calentamiento por resistencia directa comprende:
- 5 un paso de preparación para disponer un par de electrodos (1, 2) que incluyen un primer electrodo (1) y un segundo electrodo (2) en la pieza de trabajo (W) de placa; y
- 10 un paso de calentamiento de mover el primer electrodo (1) en la dirección longitudinal desde un extremo de la región de calentamiento de alta temperatura mientras se aplica una corriente al par de electrodos (1, 2), y detener el movimiento del primer electrodo (1) cuando el primer electrodo (1) alcanza el otro extremo (x1) de la región de calentamiento de alta temperatura, caracterizado porque el paso de calentamiento comprende además detener la corriente de ser aplicada al par de electrodos (1, 2) cuando un tiempo predeterminado transcurre después de la detención del movimiento del primer electrodo (1).
- 15 2. El método de calentamiento por resistencia directa de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además, después del paso de calentamiento, un paso sin calentamiento para reiniciar el movimiento del primer electrodo (1) en la dirección longitudinal y mover el primer electrodo (1) a uno final (x2) de una próxima región de calentamiento de alta temperatura para una transición a un siguiente paso de calentamiento.
- 20 3. El método de calentamiento por resistencia directa de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que, en el paso de calentamiento, se controla al menos una de las corrientes aplicadas al par de electrodos (1, 2) y una velocidad de movimiento del primer electrodo (1) de modo que la región de calentamiento de alta temperatura tiene una distribución de temperatura predeterminada en la dirección longitudinal.
- 25 4. El método de calentamiento por resistencia directa de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la corriente aplicada al par de electrodos (1, 2) y una velocidad de movimiento del primer electrodo (1) se controlan de acuerdo con una variación del área de corte transversal de la pieza de trabajo de placa (W), y
- 30 en el que la corriente se aplica al par de electrodos (1, 2) en un estado en el que el movimiento del primer electrodo (1) se detiene temporalmente en el otro extremo (x1) de la región de calentamiento de alta temperatura, para compensar por un déficit de una cantidad de calor con respecto a la región de calentamiento de alta temperatura debido a que no se aplica la corriente al par de electrodos (1,2) mientras se mueve el primer electrodo (1) desde el otro extremo (x1) de la región de calentamiento de alta temperatura a un extremo (x2) de la próxima región de calentamiento de alta temperatura.
- 35 5. El método de calentamiento por resistencia directa de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la corriente aplicada al par de electrodos (1, 2) es constante, se controla una velocidad de movimiento del primer electrodo (1) de acuerdo con una variación del área de corte transversal de la pieza de trabajo (W) de placa y el tiempo predeterminado se ajusta con base en el período de tiempo requerido para mover el primer electrodo (1) desde el otro extremo (x1) de la región de calentamiento de alta temperatura hasta el un extremo (x2) de la próxima región de calentamiento de alta temperatura.
- 40 6. El método de calentamiento por resistencia directa de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la velocidad de movimiento del primer electrodo (1) es constante, la corriente aplicada al par de electrodos (1, 2) se controla de acuerdo con una variación del área de corte transversal de la pieza de trabajo (W) de placa, y el tiempo predeterminado se ajusta con base en un período de tiempo requerido para mover el primer electrodo (1) desde el otro extremo (x1) de la región de calentamiento de alta temperatura hasta el un extremo (x2) de la próxima región de calentamiento de alta temperatura.
- 45 7. El método de calentamiento por resistencia directa de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la corriente se aplica al par de electrodos (1, 2) en un estado en el que el movimiento del primer electrodo (1) se detiene temporalmente en el otro extremo (x1) de la región de calentamiento de alta temperatura, para compensar un déficit de una cantidad de calor con respecto a la región de calentamiento de alta temperatura debido a que no se aplica la corriente al par de electrodos (1, 2) mientras se mueve el primer electrodo (1) desde el otro extremo (x1) de la región de calentamiento de alta temperatura hasta un extremo (x2) de una próxima región de calentamiento de alta temperatura.
- 50 8. El método de calentamiento por resistencia directa de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que se detiene la corriente de ser aplicada al par de electrodos (1, 2) en una sección de la región de calentamiento de alta temperatura en la que el área de corte transversal de la pieza de trabajo de placa no varía con respecto a una posición en la dirección longitudinal.
- 55 9. Un método de fabricación de producto moldeado a presión que comprende calentar una pieza de trabajo de placa mediante el método de calentamiento por resistencia directa de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, y presionar la pieza de trabajo de placa usando un troquel de prensa para realizar moldeo por prensado en caliente.

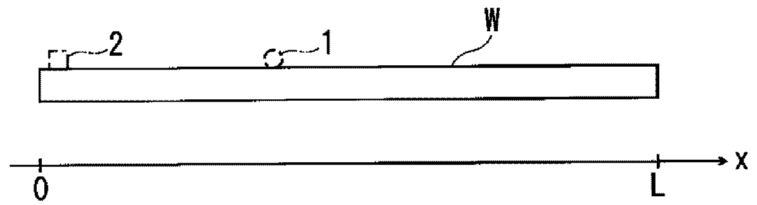
[Fig. 1A]

**FIG. 1A**



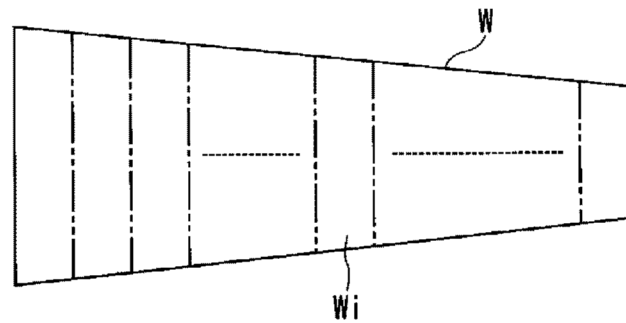
[Fig. 1B]

**FIG. 1B**



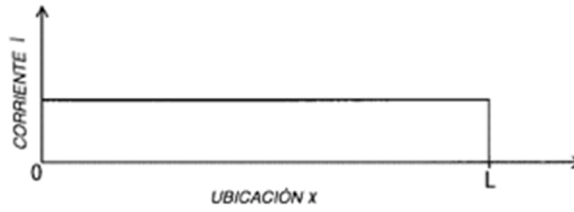
[Fig. 1C]

**FIG. 1C**



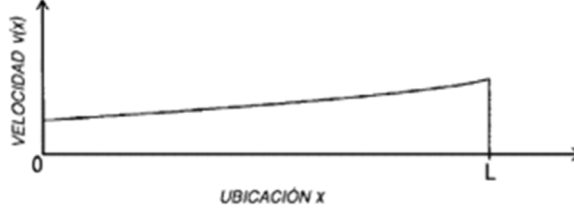
[Fig. 2A]

**FIG. 2A**



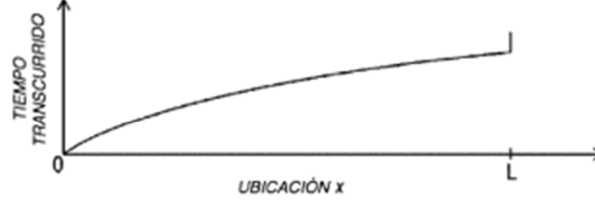
[Fig. 2B]

**FIG. 2B**



[Fig. 2C]

**FIG. 2C**



[Fig. 2D]

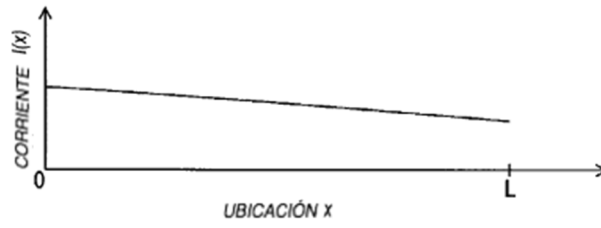
**FIG. 2D**





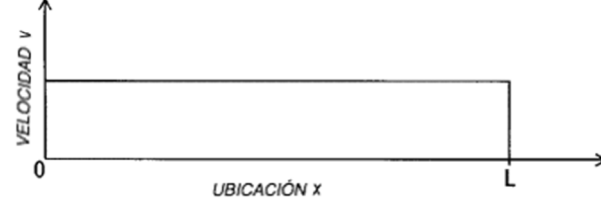
[Fig. 3A]

**FIG. 3A**



[Fig. 3B]

**FIG. 3B**



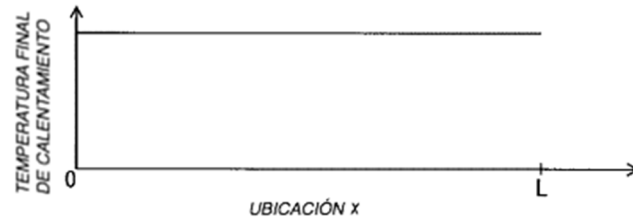
[Fig. 3C]

**FIG. 3C**



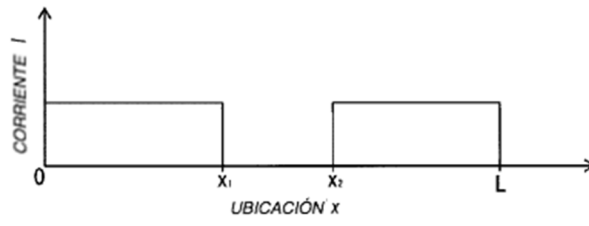
[Fig. 3D]

**FIG. 3D**



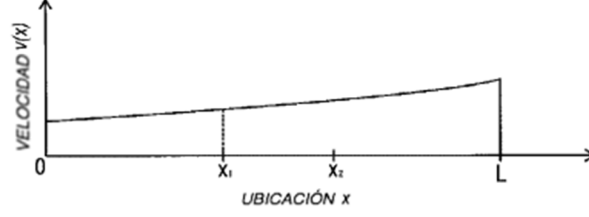
[Fig. 4A]

**FIG. 4A**



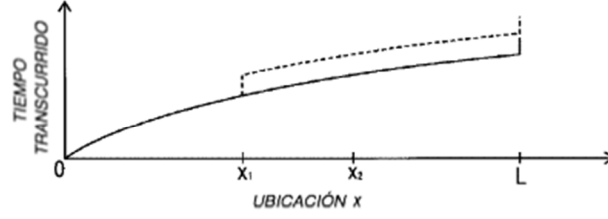
[Fig. 4B]

**FIG. 4B**



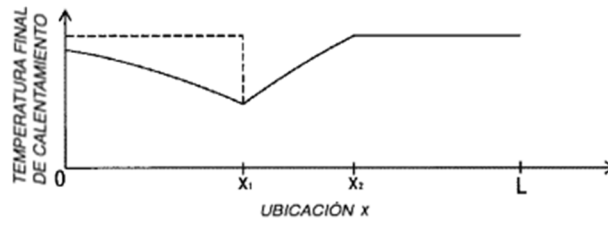
[Fig. 4C]

**FIG. 4C**



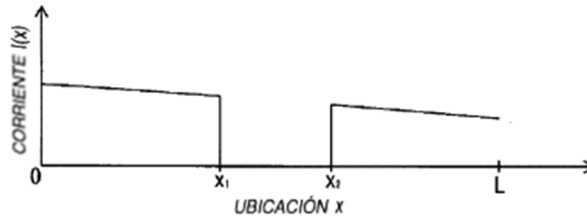
[Fig. 4D]

**FIG. 4D**



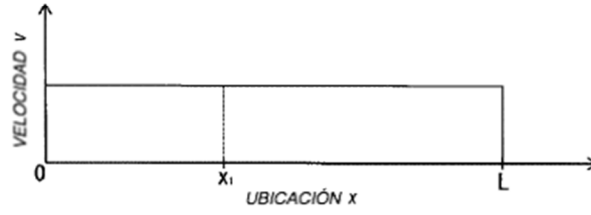
[Fig. 5A]

**FIG. 5A**



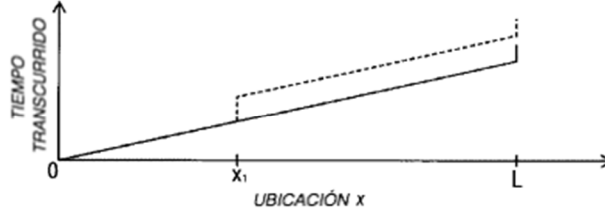
[Fig. 5B]

**FIG. 5B**



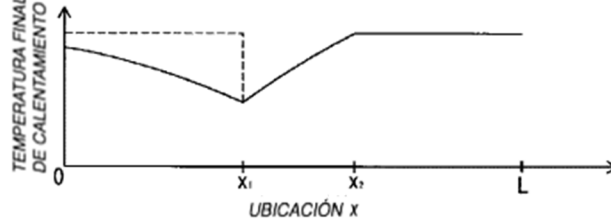
[Fig. 5C]

**FIG. 5C**



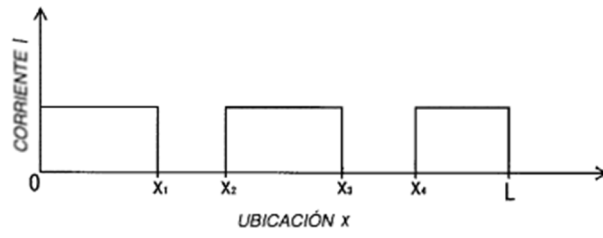
[Fig. 5D]

**FIG. 5D**



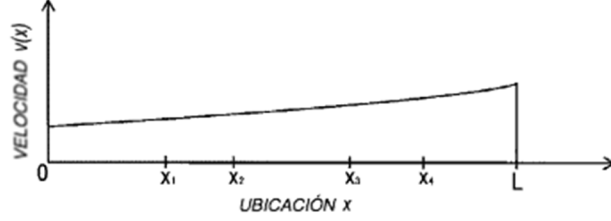
[Fig. 6A]

**FIG. 6A**



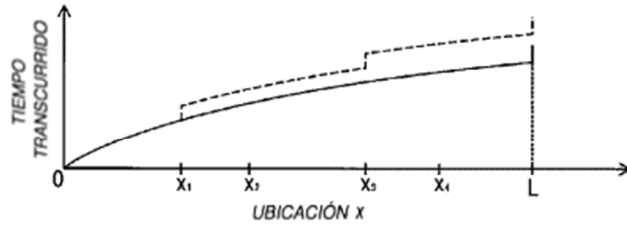
[Fig. 6B]

**FIG. 6B**



[Fig. 6C]

**FIG. 6C**



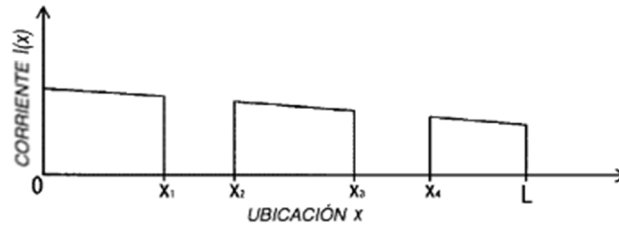
[Fig. 6D]

**FIG. 6D**



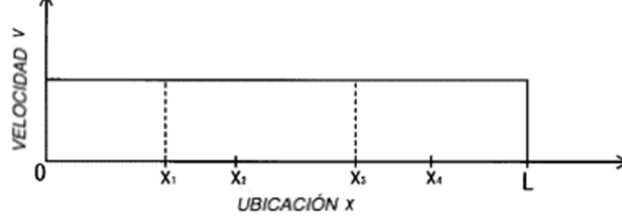
[Fig. 7A]

**FIG. 7A**



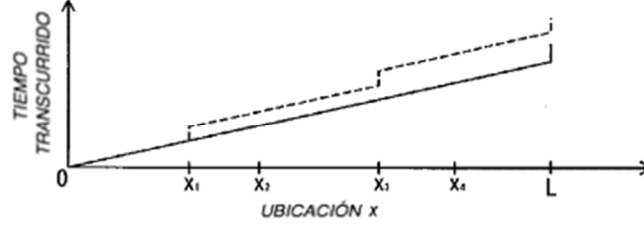
[Fig. 7B]

**FIG. 7B**



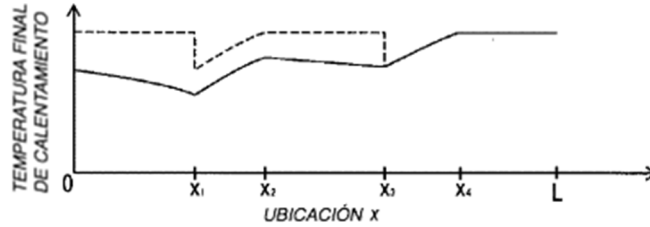
[Fig. 7C]

**FIG. 7C**

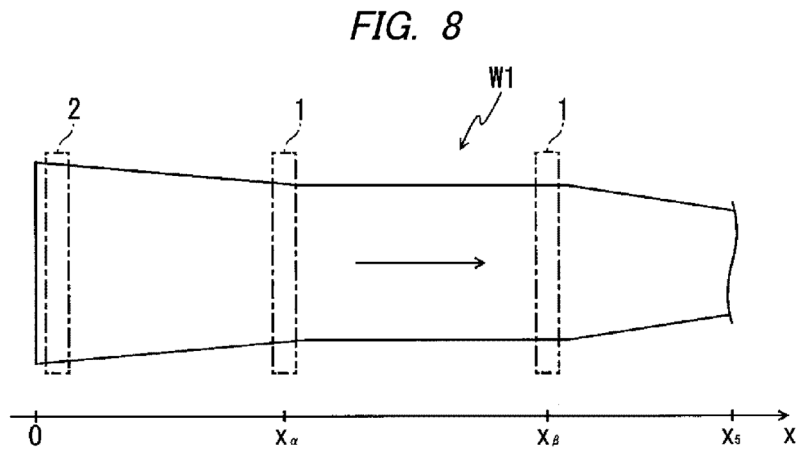


[Fig. 7D]

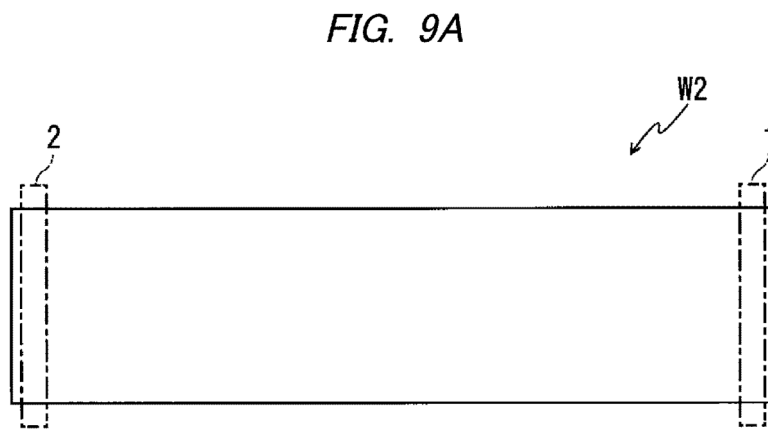
**FIG. 7D**



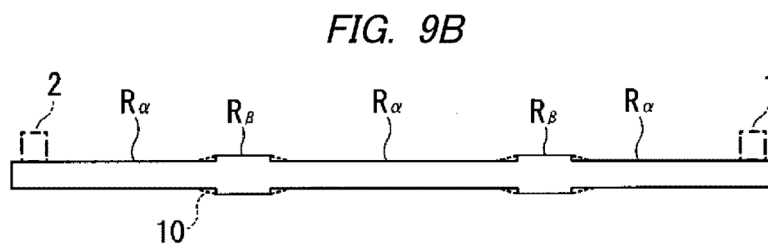
[Fig. 8]



[Fig. 9A]



[Fig. 9B]



[Fig. 10]

