

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 653 935**

51 Int. Cl.:

H05B 6/36 (2006.01)

H05B 6/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2013 PCT/JP2013/076566**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.08.2014 WO14122820**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2013 E 13874575 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2017 EP 2955977**

54 Título: **Bobina de calentamiento por inducción y aparato de calentamiento por inducción que utiliza dicha bobina**

30 Prioridad:

06.02.2013 JP 2013021063

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

09.02.2018

73 Titular/es:

**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION (50.0%)
7-3 Marunouchi 2-Chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310, JP y
MITSUBISHI ELECTRIC HOME APPLIANCE CO.,
LTD. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SUGA, IKURO;
TAKESHITA, MIYUKI;
MATSUDA, TETSUYA;
KINOSHITA, HIROKAZU;
FUJIWARA, YUKI;
KISHI, AKIO;
SUZUKI, NOBUJI;
INOUE, KUNIKAZU y
MORIWAKI, KAZUKI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 653 935 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

Bobina de calentamiento por inducción y aparato de calentamiento por inducción que utiliza dicha bobina

Campo Técnico

5 La presente invención se refiere a una bobina de calentamiento por inducción y a un sistema de calentamiento por inducción que utiliza dicha bobina.

Antecedentes

Una bobina de calentamiento por inducción que se utiliza en un sistema de calentamiento por inducción convencional tipo olla de inducción se crea devanando en espiral el llamado hilo de litz alrededor del eje de una bobina, por ejemplo, diecinueve hilos de cobre trenzados (por ejemplo, de 0,3 mm de diámetro) cubiertos de resina.

10 El Documento de Patente 1 (JP H10-321 358 A) propone una reducción de las pérdidas en la bobina de calentamiento por medio de estructurar la bobina de calentamiento por inducción formando un primer cable de litz trenzado con hilos individuales más finos, un segundo cable de litz trenzado con los primeros hilos de litz trenzados y un tercer cable de litz trenzado con los segundos hilos de litz trenzados, lo cual posee una estructura de hilos trenzados de varias capas.

15 El Documento de Patente 2 (documento JP 4 491 983 B) describe otra bobina de calentamiento por inducción formada devanando en espiral un hilo agrupado en lugar del hilo litz, que se forma laminando una pluralidad de capas conductoras que tienen una sección transversal sustancialmente rectangular u oblonga en un sentido paralelo al eje de la bobina mientras que están eléctricamente separadas entre sí.

20 Más específicamente, la bobina de calentamiento por inducción del Documento de Patente 2 está configurada para conmutar las posiciones de las capas conductoras del hilo agrupado del lado interno al lado externo en la bobina devanada para homogeneizar la distribución de corriente que, de otro modo, probablemente se concentra o localiza en la capa conductora interna del hilo recogido debido a la desviación intrínseca, con lo que las pérdidas serán menores.

25 La conmutación de las posiciones de las capas conductoras del hilo agrupado en la bobina devanada se denominará generalmente más adelante como "transición". Por consiguiente, el Documento de Patente 2 describe la bobina de calentamiento ampliada en el sentido de la altura perpendicular a la anchura en un sentido radial de la bobina (sentido horizontal), y dos o tres de las bobinas de calentamiento montadas sobre las otras en el sentido en la altura o en sentido vertical, en donde las posiciones de algunos de los hilos agrupados se cambian o alternan para reducir las pérdidas debido a la desviación intrínseca.

30 El Documento de Patente 3 (W0 95/22239 A1) se considera que es una técnica anterior relevante y describe un elemento de calentamiento por inducción. El elemento de calentamiento para una placa de cocción por inducción comprende una bobina plana devanada en espiral que consiste en una pluralidad de conductores paralelos aislados. La bobina se devana sobre una ranura que progresa en espiral dispuesta en la superficie superior de un útil de plástico. Se dispone una base circular de un material magnético altamente permeable en la parte inferior del útil. La base se enfoca al campo magnético generado por la bobina en un área de calentamiento por encima de la bobina, y también evita que cualquier metal circundante se caliente inadvertidamente.

Resumen de la invención

Problemas que resolverá la invención

40 En el caso de que la bobina de calentamiento por inducción conformada con los hilos de litz, como se describió en el Documento de Patente 1, se utilice como fuente de calentamiento para un sistema de calentamiento por inducción, especialmente para una cocina de inducción, generalmente se requiere reducir el espacio entre la bobina de calentamiento por inducción y la placa superior sobre la cual se asienta un cuerpo calentado, como una cazuela, para mejorar el rendimiento de calentamiento de la cazuela. De acuerdo con el sistema de calentamiento por inducción convencional, para enfriar toda la bobina de calentamiento por inducción que se calienta durante el funcionamiento, la bobina de calentamiento por inducción está configurada para recibir aire de refrigeración normalmente desde la parte inferior de la misma que es el lado opuesto enfrentado a la placa superior. Sin embargo, ya que no es fácil guiar el aire de refrigeración hacia el espacio entre la bobina de calentamiento por inducción y la placa superior, la superficie superior de la bobina de calentamiento por inducción tiende a tener una temperatura más alta.

50 Debido al efecto pelicular, la corriente de alta frecuencia generada por la tensión de alta frecuencia aplicada a través de la bobina de calentamiento por inducción tiende a concentrarse en la proximidad de la superficie del conductor, aunque el grado de concentración depende de frecuencia de la misma. Esto aumenta la cantidad de calor por efecto Joule generado cerca de la superficie superior más que cerca de la superficie inferior, y por lo tanto hace que sea más difícil enfriar eficazmente la superficie superior de la bobina de calentamiento por inducción.

También dado que el espesor vertical de la bobina de calentamiento por inducción formada con el haz trenzado de los hilos de litz corresponde con la altura mínima requerida para los hilos de litz, se debe asegurar un espesor básico del mismo para una cantidad suficiente de corriente de alta frecuencia. Esto finalmente inhibe la conducción térmica efectiva desde la superficie superior a la superficie inferior de la bobina de calentamiento por inducción.

Además, el hilo de litz está hecho de hilo conductor metálico cubierto por material aislante tal como resina que es mucho peor conductor térmico que el hilo conductor metálico, y al ser laminadas el número de la pluralidad de capas aislantes y capas conductoras, se inhibe así la conducción térmica efectiva entre la superficie superior y la superficie inferior de la bobina de calentamiento por inducción.

El Documento de Patente 1 describe la bobina de calentamiento por inducción formada trenzando adicionalmente el haz trenzado de los hilos de litz para desplazar la disposición de los hilos conductores, mejorando así el rendimiento de la refrigeración y la homogeneización de la corriente entre las caras superior e inferior de la bobina de calentamiento por inducción. Sin embargo, utilizar el haz trenzado de los hilos de litz hace que sea difícil manejar o controlar la desalineación y el espacio entre los haces trenzados de los hilos litz creados al conformar la bobina de calentamiento por inducción, y por lo tanto crea desvíos en la dimensión del devanado de la bobina de calentamiento por inducción deteriorando la precisión dimensional del producto terminado de la bobina de calentamiento por inducción.

Mientras tanto, el Documento de Patente 2 describe la bobina de calentamiento por inducción compuesta por las capas reunidas, cada una de las cuales incluye las capas conductoras de una sección transversal sustancialmente rectangular u oblonga que se extienden en un sentido paralelo al eje de la bobina y a las capas aislantes intercaladas entre sí, lo que mejora la conducción térmica entre la superficie superior e inferior de la bobina de calentamiento por inducción en comparación con la compuesta por los hilos de litz y el complicado material aislante.

Sin embargo, a pesar de que el hilo agrupado tiene laminadas las capas conductoras en el sentido radial de la bobina, la cantidad de calor generado cerca de la superficie superior es mayor que la cercana a la superficie inferior de la bobina de calentamiento por inducción debido a un efecto pelicular. También especialmente cuando dos o tres de las bobinas de calentamiento están montadas sobre las otras en sentido vertical, la conducción térmica desde la superficie más alta hasta la superficie más baja se inhibe sustancialmente, y por lo tanto es difícil mantener la temperatura de las bobinas de calentamiento por inducción inferior a una temperatura de conducción máxima predeterminada de las mismas.

También como se describió anteriormente para los hilos de litz, si dos o más hilos agrupados se montan en sentido vertical y cada uno de ellos está trenzado o alternado, entonces la configuración en espiral de los mismos se deteriora y por lo tanto es más difícil fabricar el producto terminado de la bobina de calentamiento por inducción con precisión dimensional según lo requerido por la normativa y a un costo de producción razonable.

Para abordar los inconvenientes antes mencionados, una de las presentes invenciones sirve para proporcionar una bobina de calentamiento por inducción que mejora el rendimiento de refrigeración de la misma como un todo mientras que se fabrica fácilmente en etapas de producción más simples. También uno de las presentes invenciones tiene por objeto proporcionar una bobina de calentamiento por inducción que mantiene la precisión dimensional del producto terminado a un costo razonable mientras que mantiene un peso ligero, y reduce la impedancia de la misma.

Medios para Resolver los Problemas

Uno de los aspectos de la presente invención es proporcionar una bobina de calentamiento por inducción formada devanando en espiral una pletina conductora alargada alrededor del eje de una bobina. La pletina conductora alargada incluye una pluralidad de capas conductoras que se extienden en un sentido alargado y una pluralidad de capas aislantes formadas entre las capas conductores, estando cada una de las capas conductoras conectadas en paralelo entre sí en ambos extremos de la pletina conductora alargada, estando las capas conductoras laminadas en un sentido perpendicular al eje de la bobina alrededor de la cual se devana la pletina conductora alargada. En la bobina de calentamiento por inducción, la pletina conductora alargada tiene una anchura (W) a lo largo del sentido perpendicular al eje de la bobina que es mayor que una altura (H) a lo largo del sentido paralelo al eje de la bobina.

Ventajas de la invención

De acuerdo con uno de los aspectos de la presente invención, la bobina de calentamiento por inducción está configurada para que la pletina conductora alargada tenga una anchura (W) a lo largo del sentido perpendicular al eje de la bobina que es mayor que una altura (H) a lo largo del sentido paralelo al eje de la bobina, logrando así una bobina de calentamiento por inducción ligera y económica que mejora el rendimiento de refrigeración y reduce la desviación de impedancia de la misma mientras que se fabrica fácilmente con alta precisión dimensional.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista general en perspectiva de un sistema de calentamiento por inducción, tipo cocina por inducción que incorpora una bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención.

5 La figura 2 es una vista en sección transversal del sistema de calentamiento por inducción tomada a lo largo de una línea de la línea II-II de la figura 1.

La figura 3 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la primerarealización.

La figura 4 es una vista en perspectiva de una pletina conductora antes de ser devanada para formar la bobina de calentamiento por inducción.

10 La figura 5A es una vista en sección transversal de la pletina conductora tomada a lo largo de un plano vertical radial, y

La figura 5B es una vista en sección transversal que muestra una capa conductora y capas aislantes componiendo la pletina conductora.

15 La figura 6 es una vista en sección transversal de la bobina de calentamiento por inducción tomada a lo largo de una línea VI-VI de la figura 3.

La figura 7 es un gráfico que muestra una relación entre la altura de la bobina de calentamiento por inducción y la densidad de corriente que circula por ella.

La figura 8 es un gráfico que muestra una relación entre la altura de la bobina de calentamiento por inducción y la cantidad de calor generada por la misma.

20 La figura 9 es un gráfico que muestra una relación entre la altura de la bobina de calentamiento por inducción y la temperatura de la superficie superior de la misma.

La figura 10 es una vista en sección transversal de la pletina conductora que muestra las áreas donde se concentra la corriente,

25 La figura 11 es una vista en sección transversal de la bobina de calentamiento por inducción conformada devanando ocho vueltas de la pletina conductora alrededor del eje de la bobina.

Las figuras 12A-12E son vistas en sección transversal de las bobinas de calentamiento por inducción de acuerdo con la tercera realización.

30 La figura 13 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con una variante de la primera realización.

La figura 14 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la cuarta realización.

La figura 15 es una vista en sección transversal, similar a la figura 2, del sistema de calentamiento por inducción de acuerdo con la cuarta realización.

35 La figura 16 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con una variación de la cuarta realización.

La figura 17 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la quinta realización.

Descripción de las realizaciones

40 Con referencia a los dibujos adjuntos, se describirán en este documento realizaciones de una bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención. En la descripción, un par de términos para indicar los sentidos (por ejemplo, "superior", "inferior", "sentido X", "sentido Y" o "sentido Z", etc.) se usan convenientemente solo para facilitar una clara comprensión, y por lo tanto no debe interpretarse que esos términos limitan el alcance de la presente invención. También debe observarse que la presente especificación se define como sentido Z al sentido paralelo al eje de la bobina de la bobina de calentamiento por inducción.

45

Realización 1.

Aunque la bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la primera realización puede adaptarse a cualquier tipo de sistema de calentamiento, la presente descripción describirá, como un ejemplo típico, la bobina de calentamiento por inducción 10 adaptada a un sistema de calentamiento por inducción 1 tipo cocina de inducción.

5 La figura 1 es una vista en perspectiva general del sistema de calentamiento por inducción 1 tal como la olla de inducción que incorpora una bobina de calentamiento por inducción de acuerdo con la presente invención. La figura 2 es una vista en sección transversal del sistema de calentamiento por inducción 1, tomada a lo largo de una línea de la línea II-II de la figura 1. La figura 3 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento por inducción 10. El sistema de calentamiento por inducción 1 mostrado en la figura 1 incluye, en general, una carcasa 5, una placa superior 6 de vidrio templado montada sobre la misma, un dispositivo de calentamiento por inducción 7 y un mando de ajuste 8 para permitir que el usuario ajuste la potencia de calentamiento.

10 Como se ilustra en la figura 2, el dispositivo de calentamiento por inducción 7 de acuerdo con la primera realización incluye la bobina de calentamiento por inducción 10 (figura 3) dispuesta debajo de la placa superior 6 dentro de la carcasa 5, una pluralidad de elementos de ferrita (elementos de alta permeabilidad) 12 que se extienden según un sentido radial, una plataforma de bobina 14 que soporta de manera estable la bobina de calentamiento por inducción 10 y los elementos de ferrita 12 y un sensor térmico 17 que detecta la temperatura del lado inferior de la placa superior 6. También el sistema de calentamiento por inducción 1 incluye un circuito generador (por ejemplo, un circuito inversor) 16 y un circuito de control (por ejemplo, un controlador) 18 que gobierna el circuito generador 16 para suministrar una tensión de alta frecuencia apropiada a través de la bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la potencia de calentamiento establecida por el mando de ajuste 8 y la temperatura en tiempo real detectada por el sensor térmico 17.

15 También se ilustra esquemáticamente en la figura 2 una cazuela metálica magnética (un cuerpo calentado, se conoce simplemente como "cazuela") K asentada en la placa superior 6, que es donde se reciben los ingredientes a calentar. El sistema de calentamiento por inducción 1 está estructurado para calentar la cazuela K de una manera eficaz cuando la bobina de calentamiento por inducción 10 a la que se le suministra corriente de alta frecuencia genera un bucle cerrado consecutivo de campos magnéticos de alta frecuencia alrededor de la cazuela K y de los miembros de ferrita 12 como se muestra por una línea de puntos de la figura 2, que a su vez generan corrientes de Foucault dentro de la cazuela K, calentándola de manera eficaz.

20 En general, para mejorar el rendimiento de calentamiento de la cazuela K, la distancia entre la cazuela K y la bobina de calentamiento por inducción 10 debe ser mínima, y por lo tanto, el espacio entre la bobina de calentamiento por inducción 10 y la placa superior 6 debería ser preferiblemente el mínimo. Por otro lado, la bobina de calentamiento por inducción 10 puede calentarse hasta una temperatura básica desde diversas fuentes de calor que incluyan el efecto Joule (pérdidas en el cobre) en la bobina de calentamiento 10 generado por la corriente de alta frecuencia suministrada para calentar la cazuela K (la resistencia de la bobina), el calor de radiación desde la cazuela calentada K a través de la placa superior 6 y el calor de radiación de los elementos de ferrita 12 que se calientan por efecto Joule (pérdidas en el hierro) en la bobina de calentamiento 10. Para enfriar la bobina de calentamiento por inducción 10, un sistema típico de calentamiento por inducción 1 incluye un ventilador de refrigeración (no mostrado) para impulsar aire a la bobina de calentamiento por inducción 10 (y a los elementos de ferrita 12) desde la superficie inferior de la misma de manera que la temperatura de la bobina de calentamiento por inducción 10 se mantenga por debajo de la temperatura de funcionamiento permitida.

25 Sin embargo, como se describió anteriormente, el espacio entre la bobina de calentamiento por inducción 10 y la placa superior 6 se diseña para que sea el mínimo para mejorar el rendimiento de calentamiento de la cazuela K, y por lo tanto, se impulsa solo una pequeña porción de aire de refrigeración procedente del ventilador de refrigeración lo largo de la superficie superior de la bobina de calentamiento por inducción 10, lo que hace que la bobina de calentamiento por inducción 10 se caliente a la temperatura básica. Por lo tanto, es deseable mejorar adicionalmente la eficacia de la refrigeración para la bobina de calentamiento por inducción 10.

30 A continuación se describirá adicionalmente con detalle la estructura de la bobina de calentamiento por inducción 10. La figura 3 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento por inducción 10 con la placa superior 6 del sistema de calentamiento por inducción 1 retirada. La bobina de calentamiento por inducción 10 está conformada devanando en espiral una pletina conductora alargada 20 alrededor del eje de la bobina (eje Z) y tiene terminales 21, 22 en ambos extremos de la pletina conductora 20.

35 La figura 4 es una vista en perspectiva de la pletina conductora alargada 20 antes de ser devanada en espiral para formar la bobina de calentamiento por inducción 10. Las figuras 5A y 5B son vistas en sección transversal de la pletina conductora 20 tomadas a lo largo de un plano vertical (plano XZ de la figura 4). La pletina conductora 20 incluye una pluralidad de capas eléctricas conductoras 24 y capas eléctricas aisladas 25 interpuestas entre ellas que se extienden en el sentido alargado de las mismas. Cada una de las capas conductoras está hecha de un metal relativamente económico, de alta conductividad eléctrica, tal como cobre, aluminio o una aleación de los mismos, para tener una alta conductividad eléctrica.

40 Por lo tanto, las capas conductoras eléctricas 24 están aisladas entre sí y preferiblemente cubiertas por la capa aislante eléctrica 25, para que solo queden expuestos ambos terminales 21, 22 que corresponden al inicio del

devanado y al extremo del devanado de la bobina de calentamiento por inducción 10 alrededor del eje de la bobina, respectivamente (figura 3). Debe observarse que aunque cada una de las capas eléctricas conductoras 24 mostradas en la figura 5 tiene una sección transversal rectangular, también puede tener una sección transversal oblonga.

5 La figura 5A es una vista en sección transversal de la pletina conductora 20 tomada a lo largo de un plano vertical radial, y la figura 5B es una vista en sección transversal que muestra una capa conductora 24 y capas aislantes 25 que componen la pletina conductora 20. En la pletina conductora 20 ilustrada en las figuras 5A y 5B, cada capa conductora 24 tiene un espesor de 0,1 mm en el sentido perpendicular al eje de la bobina (sentido X) y una altura de 1,36 mm en el sentido paralelo al eje de la bobina (sentido Z), y cada una de las capas aislantes 25
10 tiene el espesor y la altura de 0,02 mm en los sentidos X y Z hasta completar las catorce capas conductoras 24.

La pletina conductora 20 puede tener una anchura total W de 1,96 mm en sentido X y una altura total H de 1,40 mm. Dado que cada una de las capas conductoras 24 se extiende a lo largo del eje de la bobina (sentido Z), el calor generado en la proximidad de la superficie superior de la bobina de calentamiento por inducción 10 devanada en espiral alrededor del eje de la bobina (sentido Z) se transfiere rápidamente a la superficie inferior a través de las
15 capas conductoras 24, y por lo tanto, es posible enfriar eficazmente la totalidad de la bobina de calentamiento por inducción 10 impulsando el aire de refrigeración sobre la superficie inferior de la misma. La figura 6 es una vista esquemática en sección transversal de la bobina de calentamiento por inducción 10 tomada a lo largo de una línea VI-VI de la figura 3, y la bobina de calentamiento por inducción 10 se conforma devanando ocho vueltas de pletina conductora 20 alrededor del eje de la bobina.

20 Para cada una de las capas conductoras 24 y las capas aislantes 25, el espesor en el sentido X, la altura en el sentido Z, y el número de vueltas puede no estar limitado como se indicó anteriormente, sin embargo, debe tenerse en cuenta que de acuerdo con la realización de la presente invención, la pletina conductora 20 está diseñada para que tenga el espesor W en el sentido X mayor que la altura H en el sentido Z ($W > H$) de modo que el calor generado en las proximidades de la superficie superior de la bobina de calentamiento por inducción 10 se transfiera rápidamente a la superficie inferior que puede ser fácilmente enfriada, mejorando así la eficacia de refrigeración de la bobina de calentamiento por inducción 10.
25

Cuando la bobina de calentamiento por inducción 10 tiene el diámetro D y el número de vueltas (N vueltas), el espesor total W en el sentido X de la pletina conductora 20 no puede ser mayor que el radio ($D/2$) de la bobina de calentamiento por inducción 10 dividido por el número de vueltas (N). Por ejemplo, cuando la bobina de calentamiento por inducción 10 tiene un diámetro D de 180 mm y veintidós vueltas ($N = 22$), el espesor total W en el
30 sentido X de la pletina conductora 20 se calcula como $(180/2)/22$, es decir, aproximadamente 4 mm o menos.

También, como se describirá en este documento, cada una de las capas conductoras 24 de la pletina conductora 20 puede diseñarse preferiblemente para tener el espesor W_0 que es mayor que la vigésima parte ($1/20$) de la altura total H en el sentido Z de la pletina conductora 20, por lo tanto, cuando la altura total H en el sentido Z
35 de la pletina conductora 20 es de 2 mm, cada una de las capas conductoras 24 tiene un espesor W_0 de 0,1 mm o mayor.

Sin embargo, en la práctica, dado que la bobina de calentamiento por inducción 10 puede incluir un espacio vacío como se muestra en las figuras 14 y 16 para asegurar un espacio para situar los sensores térmicos 17 y para evitar la concentración de flujo magnético que cause un calentamiento desigual de la cazuela K, el área en la que se devana la pletina conductora 20 a menudo puede ser dos tercios del área total de la bobina de calentamiento por
40 inducción 10. Por ejemplo, si la bobina de calentamiento por inducción 10 tiene un radio de 90 mm y se han devanado veintidós vueltas ($N = 22$) de la pletina conductora 20 en el área de dos tercios del área total de la misma, entonces el ancho total W en el sentido X de la pletina conductora 20 sería de aproximadamente 2,7 mm ($= 60/22$).

Por otra parte, mientras que la pletina conductora 20 puede estar formada alineando alternativamente la
45 capa conductora 24 y la capa aislante 25 como se describió anteriormente, se puede realizar depositando alternativamente una película delgada de material conductor (correspondiente a la capa conductora 24) y otra película delgada de material aislante (que corresponde a la capa aislante 25) por medio de la evaporación del metal o mediante la técnica de bombardeo iónico.

Debe observarse que los hilos de litz descritos en el Documento de Patente 1 mencionado anteriormente
50 son de pobre conducción térmica en el sentido vertical debido a la cantidad básica de material aislante que incorporan, y también porque el aire de refrigeración no puede ser guiado a la superficie superior de la bobina de calentamiento por inducción 10 a través de una mínima trayectoria de flujo, lo que da lugar a un rendimiento de refrigeración insuficiente. Por el contrario, de acuerdo con la presente invención, incluso aunque la bobina de calentamiento por inducción 10 se monte cerca de la placa superior 6 para mejorar el rendimiento de calentamiento
55 de la cazuela K y el aire de refrigeración se impulse desde la superficie inferior de la plataforma de la bobina 14, la pletina conductora 20 está diseñada para tener una anchura total W en el sentido X que sea mayor que la altura total H en el sentido Z a fin de enfriar la totalidad de la bobina de calentamiento por inducción 10 de una manera eficaz.

Realización 2.

Con referencia a las figuras 7 - 9, se describirá en este documento la segunda realización de la bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la presente invención. La bobina de calentamiento por inducción 10 de la segunda realización es similar a la de la primera realización, excepto en que la pletina conductora 20 tiene la altura total H que está diseñada para ser cuatro veces o menos de la profundidad pelicular δ . Por lo tanto, se soslayará la descripción duplicada detallada para las características comunes.

En general, el efecto pelicular se define como el fenómeno según el cual un conductor recorrido por una corriente de alta frecuencia tiene una mayor densidad de corriente en la zona más cercana a la superficie y menos densidad de corriente al alejarse de la misma. La densidad de corriente J del conductor se expresa con un parámetro de la profundidad pelicular δ según la fórmula siguiente.

Fórmula 1

$$J = J_0 \cdot \exp(\delta / d)$$

en la que "d" expresa la profundidad desde la superficie del conductor. La profundidad pelicular δ se define como la profundidad a la que la corriente de alta frecuencia se reduce a 1/e ("e" es la base de los logaritmos naturales, es decir, 1/e = 36,8%) de la corriente superficial. Más específicamente, si " ρ " expresa la resistencia eléctrica de la capa conductora 24, "f" expresa la frecuencia de la tensión de alta frecuencia (o la corriente de alta frecuencia), " μ " expresa la permeabilidad magnética de la capa conductora 24, y " σ " expresa la conductividad eléctrica de la capa conductora 24, luego la profundidad δ de la película puede calcularse con la siguiente fórmula.

Fórmula 2

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \cdot f \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{1}{\pi \cdot f \cdot \mu \cdot \sigma}}$$

Como se mencionó anteriormente, es preferible que la capa conductora 24 se haga de metal de bajo costo tal como cobre, aluminio y aleaciones de los mismos, cuya conductividad eléctrica σ es alta.

Cuando la capa conductora 24 se hace de cobre, por ejemplo, como su conductividad eléctrica σ es aproximadamente $58,1 \times 10^6$ S/m, la profundidad pelicular δ sería 0,467 mm a la frecuencia de 20 kHz, y 0,418 mm a la frecuencia de 25 kHz.

De este modo, la corriente que atraviesa la capa conductora 24 de la bobina de calentamiento por inducción 10 se distribuye como se expresa mediante una función exponencial con un parámetro de la altura de la bobina H. Si la frecuencia es 20 kHz, la corriente dentro de la capa conductora 24 sería 1/e (aproximadamente 36,8%) de la corriente superficial a la profundidad pelicular δ desde la superficie superior, 1/e² (aproximadamente 13,5%) de la corriente superficial a la profundidad doble de la película 2 δ desde la superficie superior y 1/e³ (aproximadamente 5%) de la corriente superficial a la profundidad triple de la película 3 δ desde la superficie superior. La figura 7 es un gráfico que muestra la relación entre la altura de la bobina H de la bobina de calentamiento por inducción 10 (es decir, la distancia desde la superficie superior) en el eje horizontal y la densidad de corriente J en el eje vertical.

En conexión con la figura 7, se ha preparado una pluralidad de bobinas de calentamiento por inducción 10 que tienen la altura H diferente entre sí, y la cantidad de calor (calor por efecto Joule o pérdidas en el cobre) causado por la resistencia de la bobina de cada una de las bobinas de calentamiento por inducción 10 se mide en las mismas condiciones de generación, para obtener de ese modo el gráfico que se muestra en la figura 8.

Como la altura H de la capa conductora 24 es mayor, la resistencia eléctrica ρ de la misma es menor, lo que a su vez reduce la cantidad de calor generado por la bobina de calentamiento por inducción 10. Sin embargo, cuando la altura H de la bobina de calentamiento por inducción 10 es de tres veces la profundidad pelicular δ (3 δ) o más, porque la densidad de corriente J se reduce extremadamente, la cantidad de calor generado por la bobina de calentamiento por inducción 10 queda básicamente sin cambios.

En otras palabras, es suficiente diseñar la altura H de la bobina de calentamiento por inducción 10 de aproximadamente tres veces δ (3 δ) con el fin de mantener la cantidad de calor generado por la bobina de calentamiento por inducción 10 a un valor predeterminado o inferior, y la mayor altura H puede acarrear la desventaja de aumentar el costo y el peso requerido para el material que compone la bobina de calentamiento por inducción 10.

Además, se fabrican varios tipos de bobinas de calentamiento por inducción 10 que tienen la altura total H en el sentido Z, que es diferente entre todas, y la temperatura en la superficie superior de las bobinas de

calentamiento por inducción 10 se mide, para obtener por lo tanto el gráfico que se muestra en la figura 9. Similar a la figura 8, como la altura H de la capa conductora 24 es mayor, la resistencia eléctrica ρ de la misma es menor, lo que a su vez reduce la cantidad de calor generado por la bobina de calentamiento por inducción 10. Como se mencionó anteriormente, mientras las bobinas de calentamiento por inducción 10 se enfrían impulsando aire de refrigeración sobre su superficie inferior, la superficie superior de la bobina de calentamiento por inducción 10 se enfría menos eficazmente debido a la altura aumentada H de la capa conductora 24.

Por lo tanto, cuando la altura H de la capa conductora 24 excede en tres veces la profundidad pelicular δ (3δ), la temperatura en la superficie superior de la bobina de calentamiento por inducción 10 es bastante mayor. Dado que el gráfico que muestra la temperatura en la superficie superior de la bobina de calentamiento por inducción 10 tiene el punto mínimo local aproximadamente de tres veces que el de la profundidad pelicular δ (3δ), es suficiente diseñar la altura H de la capa conductora 24 de alrededor de tres veces la profundidad pelicular para conseguir una bobina de calentamiento por inducción 10 razonable, ligera y delgada mientras se minimiza el material que compone la bobina de calentamiento por inducción 10 y se mantiene la temperatura en la superficie superior de la misma suficientemente baja.

Mientras tanto, cada una de las bobinas de calentamiento por inducción 10 mostradas en la figura 5 tiene la anchura W_0 en el sentido X y la altura H en el sentido Z (sentido paralelo al eje de la bobina), en las cuales la anchura W_0 es preferiblemente una vigésima parte o más de la altura H ($W_0/H \geq 1/20$). Esto se debe al hecho de que, por ejemplo, cuando se prensa un elemento metálico que tiene una sección transversal circular para formar una capa conductora rectangular 24, la relación de la deformación (es decir, la relación del espesor del metal después de la presión con respecto a antes de la presión) estaría preferiblemente en un rango de aproximadamente 1/10 a 1/20 para el elemento metálico que estuviera compuesto principalmente de cobre, y en un rango de aproximadamente 1/3 a 1/6 para el elemento metálico que estuviera compuesto principalmente de aluminio.

Si se usa una relación de la deformación más allá de los rangos identificados anteriormente, el elemento metálico es menos disponible por parte del proveedor y el costo de producción para formar la capa de conducción 24 mediante prensa aumenta, lo que incrementa sustancialmente el costo de fabricación de la pletina conductora 20. Ventajosamente, el coste de fabricación de la pletina conductora 20 se puede reducir diseñando la anchura W_0 mayor que una vigésima parte de la altura H de la capa conductora 24, o diseñando la altura H de veinte veces o menos de la anchura W_0 .

Por ejemplo, la capa conductora 24 con una anchura W_0 de 0,2 mm (en el sentido X) puede diseñarse para tener una altura H de 4 mm o menos. Por otro lado, cuando la corriente de alta frecuencia tiene una frecuencia de 20 kHz y la profundidad pelicular δ de la capa conductora 24 hecha de cobre es de 0,467 mm como se calculó anteriormente, si la anchura W_0 de la capa conductora 24 se establece en 0,2 mm, la altura H en el sentido Z sería de 4 mm (= 0,2 mm x 20 veces) a lo sumo, que es aproximadamente 8,5 veces la profundidad pelicular δ (= 4 mm/0,467 mm). Además, si la altura H de la capa conductora 24 está diseñada como de tres veces la anchura W_0 , la altura H sería de 0,6 mm, que es aproximadamente 1,3 veces la profundidad pelicular δ (= 0,6 mm / 0,467 mm).

Sin embargo, si la altura H de la capa conductora 24 (la bobina de calentamiento) se diseña como de cuatro veces o más la profundidad pelicular δ como se muestra en la figura 8, la cantidad de calor provocado por la resistencia de la bobina de calentamiento por inducción 10 converge hacia un valor constante, y el costo de fabricación de la bobina de calentamiento por inducción 10 se eleva debido al mayor volumen de cobre que compone la capa conductora 24. Por lo tanto, es suficiente diseñar la capa conductora 24 para que tenga la altura H que sea aproximadamente de cuatro veces la profundidad pelicular δ a lo sumo.

Se describirá a continuación en este documento la bobina de calentamiento por inducción 10 incorporada en la cocina de calentamiento por inducción 1 mostrada en la figura 1. De acuerdo con las leyes y regulaciones en Japón, la frecuencia f de la corriente de alta frecuencia utilizada para la cocina de calentamiento por inducción está limitada en un rango entre 20 kHz y 100 kHz. Cuando la capa conductora 24 está compuesta de cobre, la profundidad pelicular δ puede variar en un rango entre 0,209 mm (100 kHz) y 0,467 mm (20 kHz). De este modo, la altura H de la capa conductora 24, que está diseñada como cuatro veces la profundidad pelicular δ , puede variar entre 0,836 mm y 1,868 mm correspondiente al rango de la profundidad pelicular δ .

Como se describió anteriormente, de acuerdo con la presente invención, la pletina conductora 20 está estructurada para tener la anchura W en el sentido X mayor que la altura H en el sentido Z ($W > H$) para mejorar la eficacia de refrigeración de la bobina de calentamiento por inducción 10, mientras que la anchura W de la pletina conductora 20 se ha diseñado de 1,868 mm o mayor cuando la corriente de alta frecuencia es de frecuencia f de 20 kHz, y de 0,836 mm o mayor cuando la corriente de alta frecuencia es de frecuencia f de 100 kHz.

Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, la anchura W de la pletina conductora 20 está estructurada para ser mayor que aproximadamente 1,9 mm (cuando la corriente de alta frecuencia es de frecuencia f de 20 kHz) y menor que el radio de la bobina de calentamiento por inducción 10 dividido por el número de vueltas N (= $D/(2N)$, D: diámetro de la bobina de calentamiento por inducción 10).

En caso de que el material conductor esté hecho de cobre, mientras que la profundidad pelicular δ puede variar entre 0,209 mm (a 100 kHz) y 0,467 mm (a 20 kHz), y como se mencionó anteriormente, si el rango predeterminado de la anchura W_0 supera la altura H (W_0/H) de la pletina conductora 20 se ha fijado a ($1/20 \leq (W_0 / H) \leq 1/10$), la anchura W_0 de la capa conductora 24 puede variar entre 0,042 mm y 0,093 mm (cuando $W_0 / H = 1/20$) y entre 0,083 mm y 0,187 mm (cuando $W_0 / H = 1/10$). Cuando se considera el rango real de la frecuencia f de la corriente de alta frecuencia, la anchura W_0 de la capa conductora 24 se ajusta preferiblemente entre 0,08 mm y 0,2 mm.

Sin embargo, si se considera que la anchura W_0 de la capa conductora 24 es demasiado pequeña, entonces la sección transversal de la capa conductora 24 tomada a lo largo del plano XZ de la figura 4 es también pequeña lo que aumenta la resistencia y pérdida de potencia de la misma, y por lo tanto, es preferible aumentar el número de las capas conductoras laminadas 24. Es preferible seleccionar la anchura W_0 de la capa conductora 24 al considerar la cantidad de material utilizado que compone la capa conductora 24 y la reducción de las etapas de laminación de la misma.

Como se explicó anteriormente, de acuerdo con la segunda realización, la altura H de la capa conductora 24 se ha diseñado de cuatro veces la profundidad pelicular δ calculada por la [Fórmula 2] anteriormente mencionada para conseguir una bobina de calentamiento por inducción ligera y delgada que mejore sustancialmente el rendimiento de refrigeración y minimice el coste de fabricación de la misma.

Realización 3.

Con referencia a las figuras 10-12, se describirá en este documento la tercera realización de la bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la presente invención. La bobina de calentamiento por inducción 10 de la tercera realización es similar a la de la primera o segunda realizaciones, excepto en que al menos una de las capas conductoras 24 que componen la pletina conductora 20 tiene la altura H mayor que las otras capas conductoras 24. Por lo tanto, se soslayará la descripción duplicada detallada para las características comunes.

La figura 10 es una vista en sección transversal similar a la figura 5, de la pletina conductora 20 situada más cerca del centro de la bobina de calentamiento por inducción 10, mostrando con zonas sombreadas, áreas de las capas conductoras 24 en las que se concentra la corriente. Así la figura 10 ilustra la corriente que tiene un valor predeterminado o mayor que circula a través de las áreas sombreadas de las capas conductoras 24. También la figura 11 es una vista en sección transversal similar a la figura 6, de la bobina de calentamiento por inducción 10 que se forma devanando ocho vueltas de la pletina conductora 20 alrededor del eje de la bobina, mostrando con sombreados, áreas de la pletina conductora 20 en las que se concentra la corriente.

Como se ilustra en las figuras 10 y 11, la parte más interna de la pletina conductora 20 dentro de la bobina de calentamiento por inducción 10 tiene la corriente concentrada a través de la capa conductora 24 más cerca del eje de la bobina (el centro de la bobina), mientras que la porción más externa de la pletina conductora 20 dentro la bobina de calentamiento por inducción 10 tiene la corriente concentrada a través de la capa conductora 24 más cerca de su circunferencia.

Como se muestra en la figura 11, en cualquier porción de la pletina conductora 20 dentro de la bobina de calentamiento por inducción 10, cuanto más corriente tiende a circular a través de las capas conductoras 24 más internas o más externas, más calor se genera por efecto Joule (pérdidas en el cobre). De acuerdo con la tercera realización, la bobina de calentamiento por inducción 10 está estructurada de modo que al menos una de las capas más internas de la capa conductora 24 (y de las capas aislantes 25 que se intercalan) se extiende hacia abajo más allá que las otras capas conductoras 24 como se ilustra en las figuras 12A y 12B, para realizar así un disipador de calor para recibir eficazmente el aire de refrigeración impulsado desde la superficie inferior de la bobina de calentamiento por inducción 10. Así, de acuerdo con la tercera realización, la bobina de calentamiento por inducción 10 está configurada para ampliar la capa conductora 24 generando más calor más allá que las otras a fin de recibir el aire de refrigeración sobre las superficies ampliadas de las mismas, mejorando por lo tanto la eficacia de la refrigeración.

Más específicamente, la bobina de calentamiento por inducción 10 está configurada para tener la superficie superior de las capas conductoras 24 alineada a un nivel dado, y la capa conductora interna 24 que tiene la altura H_1 mayor que la altura H_0 de las capas conductoras restantes 24 mientras que la altura H_1 aún se establece como cuatro veces o menos de la profundidad pelicular δ . Esto hace que la bobina de calentamiento por inducción 10 mejore la eficacia de la refrigeración y ahorre material para reducir el coste de producción y el peso. Las dimensiones concretas tales como la altura H_0 y H_1 se pueden determinar de acuerdo con la eficacia de refrigeración esperada, la reducción de los costos de los materiales y la reducción del peso.

También la bobina de calentamiento por inducción 10 puede configurarse de modo que las capas conductoras interiores y exteriores 24 (y las capas aislantes 25 que las intercalan) se extiendan hacia abajo más allá de las otras capas conductoras 24 como se ilustra en las figuras 12C y 12D, para realizar por lo tanto el disipador de calor para recibir de forma eficaz el aire de refrigeración impulsado desde la superficie inferior de la bobina de calentamiento por inducción 10.

Además, la bobina de calentamiento por inducción 10 como se muestra en la figura 12E puede configurarse de modo que la capa conductora más interna 24 tenga la mayor altura de entre las otras, las capas conductoras restantes 24 tengan las alturas reducidas escalonadas (graduales) hacia el centro de las mismas, y entonces tengan aumentadas las alturas escalonadas (graduales) hacia la capa conductora más externa 24. Esta estructura permite que las capas conductoras 24 se extiendan sobre las áreas solo donde es probable que se concentre la corriente, que a su vez logra una ligera y fina bobina de calentamiento de inducción que mejora sustancialmente el rendimiento de la refrigeración y minimiza el costo de fabricación de la misma.

Realización 4.

Con referencia a las figuras 13-16, se describe ahora la cuarta realización de la bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la presente invención, La bobina de calentamiento por inducción 10 de la cuarta realización es similar a la de la primera, segunda o tercera realizaciones, excepto en que la bobina de calentamiento por inducción 10 está devanada para tener un espacio 30 entre los conductores laminados adyacentes 20. Por lo tanto, se soslayará la descripción duplicada detallada para las características comunes.

Mientras que la figura 3 muestra la bobina de calentamiento por inducción 10 formada al devanar ocho vueltas de la pletina conductora 20, la figura 13 muestra la bobina de calentamiento por inducción 10 formada devanando quince vueltas de la pletina conductora 20. Sin embargo, la pletina conductora 20 mostrada en la figura 13 tiene la estructura básica similar a la mostrada en la figura 3, y por lo tanto la tercera realización es una variante de la primera realización. La bobina de calentamiento por inducción 10 de la figura 13 está formada devanando en espiral la pletina conductora 20 alrededor del eje de la bobina (eje Z) para obtener el terminal interno 21 y el terminal externo 22. Además, dispuesto en el centro de la bobina de calentamiento por inducción 10 se dispone un sensor térmico 17 para detectar la temperatura de la parte inferior de la placa superior 6.

La figura 14 es una vista en planta desde arriba de la bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la cuarta realización. Esta bobina de calentamiento por inducción 10 incluye un elemento de calentamiento interno 26 y un elemento de calentamiento externo 28, ambos formados devanando la pletina conductora 20 alrededor del eje de la bobina (eje Z) con un espacio 30 entre ellos. También esta bobina de calentamiento por inducción 10 incluye el terminal interno 21 y el terminal externo 22 similares a los de la primera, segunda y tercera realizaciones, y el sistema de calentamiento por inducción 1 está provisto debajo de la placa superior 6 de un par de sensores térmicos 17 tales como termistores y sensores infrarrojos .

Aunque no se muestra, se puede proporcionar otro sensor térmico 17 en el centro del elemento de calentamiento interno 26. Se puede disponer una pluralidad de sensores térmicos 17 de modo que la circuitería de control 18 mejore la precisión de la detección térmica y la seguridad para el sistema de calentamiento por inducción 1, y controle la circuitería de generación 16 para suministrar la corriente de alta frecuencia a la bobina de calentamiento por inducción 10 de una manera fiable.

El sistema de calentamiento por inducción 1 que contiene la bobina de calentamiento por inducción 10 así estructurado puede mejorar la precisión de detección térmica para la cazuela K. También se configura para impulsar el aire de refrigeración desde el lado inferior de la bobina de calentamiento por inducción 10 para enfriar el elemento de calentamiento interno 26 y el elemento de calentamiento externo 28 con el aire de refrigeración que fluye a través del espacio 30 entre ellos. Además, la provisión del espacio entre el elemento de calentamiento interno 26 y el elemento de calentamiento externo 28 permite que la distribución del campo magnético generado por la totalidad de la bobina de calentamiento por inducción 10 se homogenice en el sentido radial, calentando así la cazuela K de manera uniforme.

La figura 15 es una vista en sección transversal, similar a la figura 2, del sistema de calentamiento por inducción 1 de acuerdo con la cuarta realización. La bobina de calentamiento por inducción 10 de la figura 15 incluye un elemento deflector 32 que guía el aire de refrigeración a través del espacio 30 hacia la superficie superior del miembro de calentamiento externo 28. Este elemento deflector 32 permite que el aire de refrigeración sea guiado directamente sobre la superficie superior del elemento de calentamiento externo 28, mejorando así sustancialmente la eficacia del refrigeración de la bobina de calentamiento por inducción 10.

Debe observarse que la pletina conductora 20 que compone la bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la cuarta realización también está preferiblemente diseñada para que tenga la altura H menor que la anchura W ($W > H$).

Alternativamente, la bobina de calentamiento por inducción 10 puede incluir un elemento de calentamiento interno 26, un elemento de calentamiento central 27 y un elemento de calentamiento externo 28 cada uno formado devanando una serie de pletinas conductoras 20 alrededor del eje de la bobina (eje Z) como se muestra en la figura 16. Esto permite una mejora adicional de la eficacia de refrigeración de la bobina de calentamiento por inducción 10, y mejora la homogeneización adicional en el sentido radial de la distribución del campo magnético para calentar la cazuela K de una manera más uniforme. Como es evidente para una persona experta en la técnica, el espacio puede ser reemplazado por una ranura para lograr resultados similares.

Del mismo modo, la pletina conductora 20 que compone la bobina de calentamiento por inducción 10 mostrada en la figura 16 se puede configurar para que tenga la altura H menor que la anchura W ($W > H$), y la bobina de calentamiento por inducción 10 puede configurarse para que tenga las alturas del elemento de calentamiento interno 26 y del elemento de calentamiento externo 28 diferentes entre sí. Esto consigue una bobina de calentamiento por inducción 10 razonable y ligera que mejora la eficacia de refrigeración de la misma.

Realización 5.

Con referencia a la figura 17, ahora se describirá la quinta realización de la bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la presente invención. La bobina de calentamiento por inducción 10 de la quinta realización es similar a la de la primera, segunda, tercera o cuarta realizaciones excepto en que la bobina de calentamiento por inducción 10 de la quinta realización incluye una pluralidad de bobinas de calentamiento por inducción no devanadas concéntricamente mientras que la bobina de calentamiento por inducción 10 de la cuarta realización incluye una pluralidad de elementos de calentamiento devanados concéntricamente tales como el elemento de calentamiento interno 26 y el elemento de calentamiento externo 28. Por lo tanto, se soslayará la descripción duplicada detallada para las características comunes.

La figura 17 es una vista en planta desde arriba, similar a la figura 3, de la bobina de calentamiento por inducción 10 de acuerdo con la quinta realización. La bobina de calentamiento por inducción 10 de la quinta realización incluye una sola bobina de calentamiento central 40 y cuatro bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d. La bobina de calentamiento central 40 y las bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d tienen terminales de entrada y salida 21, 22. La bobina de calentamiento por inducción 10 también incluye un par de sensores térmicos 17 dispuestos debajo de la placa superior 6 y entre la bobina de calentamiento central 40 y las bobinas periféricas de calentamiento 42a-42d.

Aunque no se muestra, otro sensor térmico 17 puede estar situado en el centro de la bobina de calentamiento central 40. Una pluralidad de sensores térmicos 17 pueden estar situados de modo que la circuitería de control 18 mejore la precisión de la detección térmica y la seguridad para el sistema de calentamiento por inducción 1 y controle la circuitería de control 16 para suministrar la corriente de alta frecuencia a la bobina de calentamiento central 40 y a las bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d de manera fiable. Debe observarse que la bobina de calentamiento central 40 y las bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d pueden tener cualquier configuración siempre que no sean concéntricas, y que cada una de las bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d pueda tener cualquier forma tal como de sector y de triángulo para lograr los mismos efectos.

Dispuesto entre la bobina de calentamiento central 40 y las bobinas de calentamiento periférica 42a-42d de la quinta realización existe un espacio 30 similar al de la cuarta realización. De acuerdo con la bobina de calentamiento por inducción 10 que tiene la bobina de calentamiento central 40 y las bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d así estructuradas, el aire de refrigeración impulsado desde la parte inferior de las bobinas de calentamiento 40, 42a-42d a través del espacio 30 entre ellas puede enfriarlas de una manera eficaz. Además, la provisión del espacio entre la bobina de calentamiento central 40 y las bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d permite que la distribución del campo magnético generado por la totalidad de la bobina de calentamiento por inducción 10 se homogenice en el sentido radial, para que caliente por lo tanto la cazuela K de manera uniforme.

También en la quinta realización, la circuitería de control 16 del sistema de calentamiento por inducción 1 puede alimentar al total de la bobina de calentamiento central 40 y las bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d con la corriente de alta frecuencia, o al conectar las bobinas de calentamiento periféricas opuestas 42a, 42c y 42b, 42d en serie o en paralelo, puede alimentar individualmente la bobina de calentamiento central 40, las bobinas de calentamiento periféricas 42a, 42c, y las bobinas de calentamiento periféricas 42b, 42d con la corriente de alta frecuencia. Esto permite cambiar las áreas locales a calentar.

Por ejemplo, la corriente de alta frecuencia suministrada a las bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d puede controlarse para que sea mayor que la suministrada a la bobina de calentamiento central 40 de modo que la superficie periférica (superficie lateral de la cazuela) se caliente intensamente para reducir el salto térmico con la parte inferior de la cazuela. Alternativamente, la circuitería de control 18 puede controlar la circuitería de generación para suministrar a cada una de las bobinas de calentamiento 40, 42a-42d la corriente de alta frecuencia apropiada de modo que la cazuela se caliente mediante la bobina de calentamiento central 40 y las bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d de manera uniforme.

Del mismo modo, la pletina conductora 20 que compone la bobina de calentamiento central 40 y las bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d de la quinta realización pueden configurarse para tener la altura H menor que la anchura W ($W > H$), y que la pletina conductora 20 que compone las bobinas de calentamiento periféricas 42a-42d puede configurarse para tener la altura H_P que es diferente de la altura H_C de la pletina conductora 20 que compone la bobina de calentamiento central 40. Esto reduce el costo del material y el peso de la bobina de calentamiento por inducción 10.

Lista de números de referencia

	1	sistema de calentamiento por inducción,
	5	carcasa,
5	6	placa superior,
	7	dispositivo de calentamiento por inducción,
	8	mando de ajuste,
	10	bobina de calentamiento por inducción,
	12	elementos de ferrita,
10	14	plataforma de la bobina,
	16	circuitería de generación (generador),
	18	circuitería de control (controlador),
	20	pletina conductora,
	21	terminal interno,
15	22	terminal externo,
	24	capa conductora,
	25	capa aislante,
	26	elemento de calentamiento interno,
	27	elemento de calentamiento medio,
20	28	elemento de calentamiento externo,
	30	espacio,
	40	bobina de calentamiento central,
	42	bobina de calentamiento periférico,
	K	cazuela .
25		

REIVINDICACIONES

1. Una bobina de calentamiento por inducción (10) formada devanando en espiral una pletina conductora alargada (20) alrededor de un eje de la bobina, incluyendo la pletina conductora alargada (20) una pluralidad de capas conductoras (24) que se extienden en un sentido alargado y una pluralidad de capas aislantes (25) formadas entre las capas conductoras, estando conectadas cada una de las capas conductoras (24) en paralelo entre sí en ambos extremos de la pletina conductora alargada (20), y estando laminadas las capas conductoras (24) en un sentido perpendicular al eje de la bobina alrededor del cual se devana la pletina conductora alargada (20), caracterizada porque la pletina conductora alargada (20) tiene una anchura (W) a lo largo del sentido perpendicular al eje de la bobina que es mayor que una altura (H) a lo largo del sentido paralelo al eje de la bobina.

2. La bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la pletina conductora alargada (20) tiene la altura (H) a lo largo del sentido paralelo al eje de la bobina, que es cuatro veces o menos la profundidad pelicular (δ) definida por la siguiente fórmula:
[Fórmula 1]

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \cdot f \cdot \mu}} = \sqrt{\frac{1}{\pi \cdot f \cdot \mu \cdot \sigma}}$$

donde "ρ" indica la resistencia eléctrica de la capa conductora 24, "f" indica la frecuencia de la tensión de alta frecuencia, "μ" indica la permeabilidad magnética de la capa conductora y "σ" indica la conductividad eléctrica de la capa conductora.

3. La bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que la capa conductora de la pletina conductora alargada (20) tiene una anchura (W₀) a lo largo del sentido perpendicular al eje de la bobina que está en un rango entre 1/20 y 1/3 de la altura (H) a lo largo del sentido paralelo al eje de la bobina.

4. La bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que al menos una de las capas conductoras laminadas (24) más externas en el sentido radial tiene la altura (H) en el sentido paralelo al eje de la bobina, que se extiende hacia abajo más allá de las otras capas conductoras.

5. La bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que al menos una de las capas conductoras laminadas (24) en el sentido radial tiene la altura (H) en el sentido paralelo al eje de la bobina, que se extiende hacia abajo más allá de las otras capas conductoras.

6. La bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con la reivindicación 4, en la que la pletina conductora alargada (20) está configurada de modo que al menos una de las capas conductoras laminadas (24) más externas en el sentido radial tiene la altura (H) en el sentido paralelo al eje de la bobina, mayor que las alturas de cualesquiera otras capas conductoras (24) excepto la diferente altura de la capa laminada conductora más interna en el sentido radial.

7. La bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que la pletina conductora alargada (20) está configurada de modo que las alturas de las capas conductoras (24) se reducen gradualmente desde la capa conductora laminada más interna en el sentido radial hasta una laminada en el medio de la misma, y se incrementa gradualmente desde la capa conductora laminada en el medio hasta una laminada más externa en el sentido radial.

8. La bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que incluye un elemento de calentamiento interno y un elemento de calentamiento externo, ambos formados devanando una serie de pletinas conductoras (20) alrededor del eje de la bobina, y en la que se proporciona un espacio entre el elemento de calentamiento interno y el elemento de calentamiento externo.

9. La bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con la reivindicación 8, en la que se dispone un elemento de deflexión en el espacio entre el elemento de calentamiento interno y el elemento de calentamiento externo, que guía el aire de refrigeración hacia una superficie superior del elemento de calentamiento externo.

10. La bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con la reivindicación 9, en la que la altura (H₁) de la pletina conductora (20) que compone el elemento de calentamiento interno es diferente de la altura (H₂) de la pletina conductora (20) que compone el elemento de calentamiento externo.

11. Un sistema de calentamiento por inducción que incluye la bobina de calentamiento por inducción (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

Fig.1

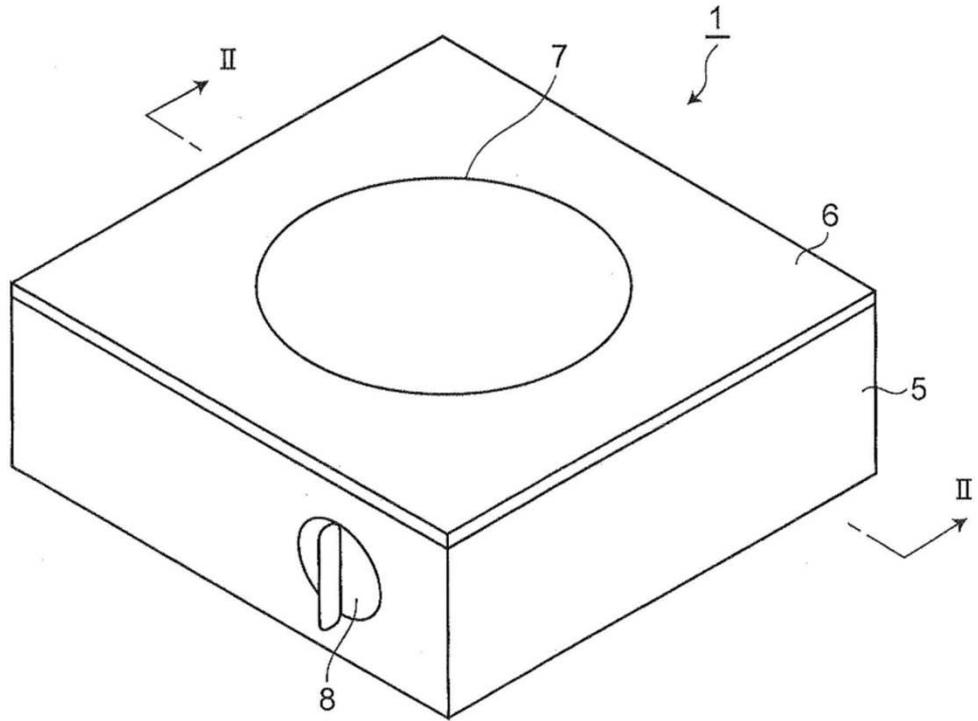


Fig.2

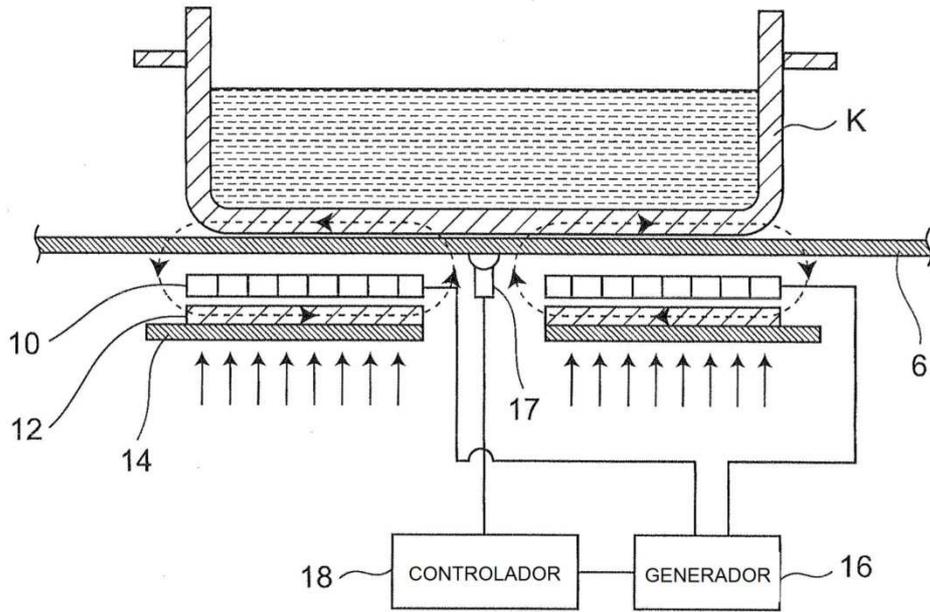


Fig.3

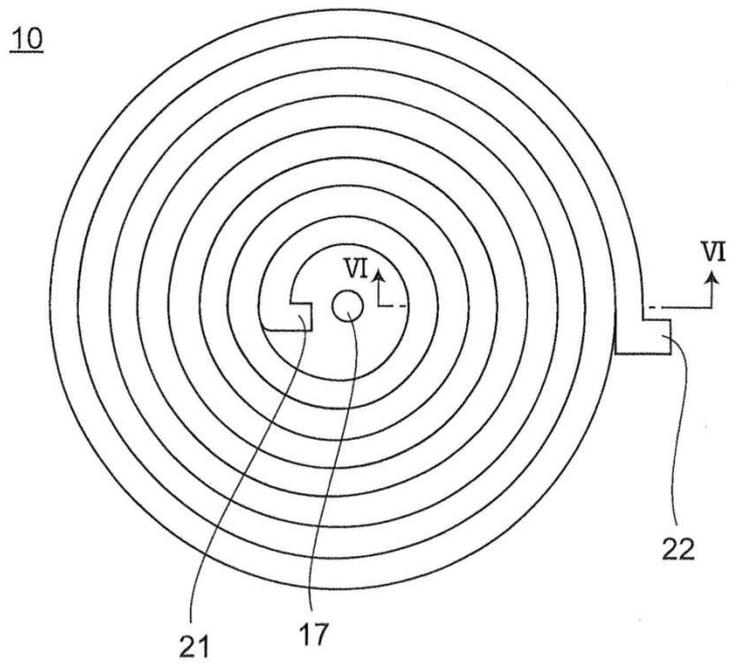


Fig.4

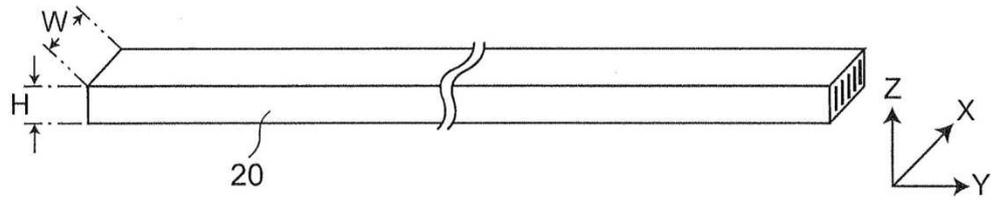


Fig.5A

Fig.5B

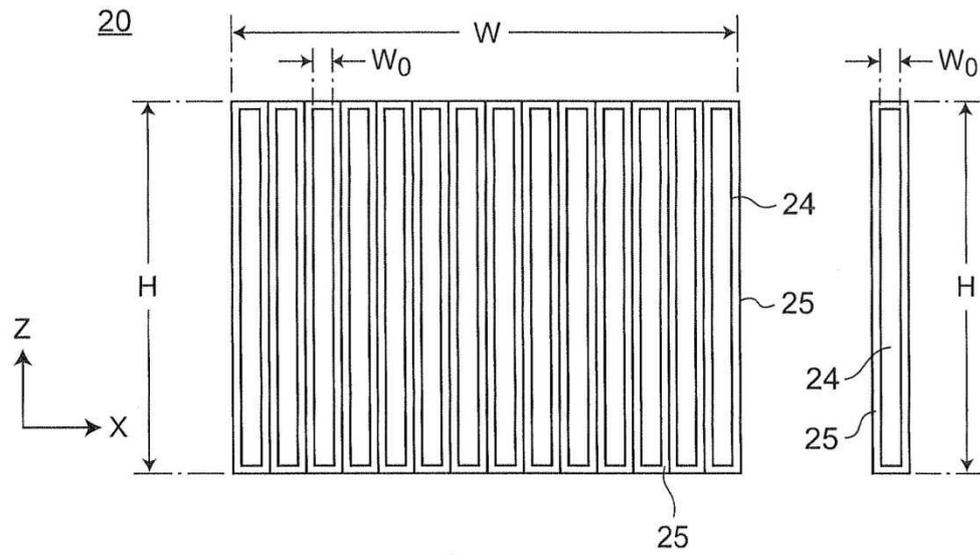


Fig.6

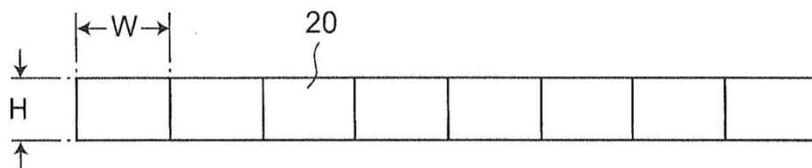


Fig.7

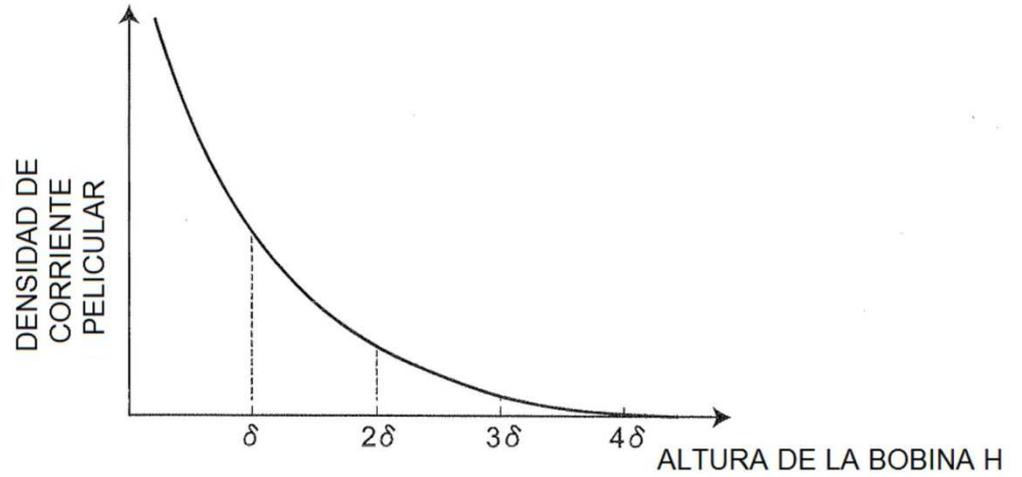


Fig.8

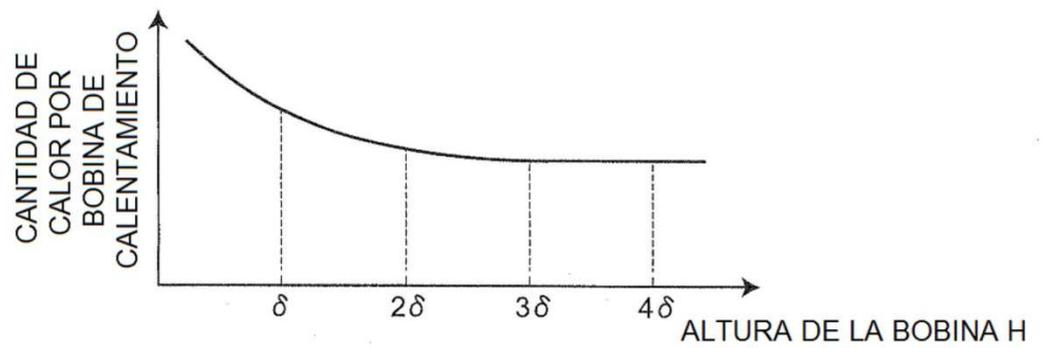


Fig.9

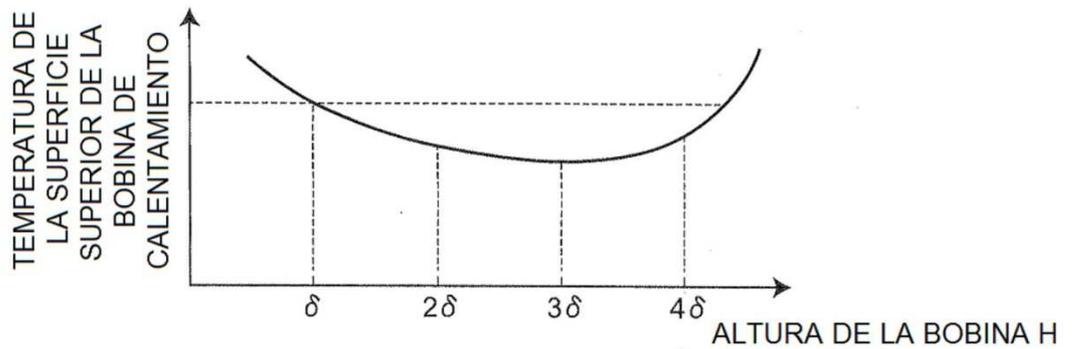


Fig.10

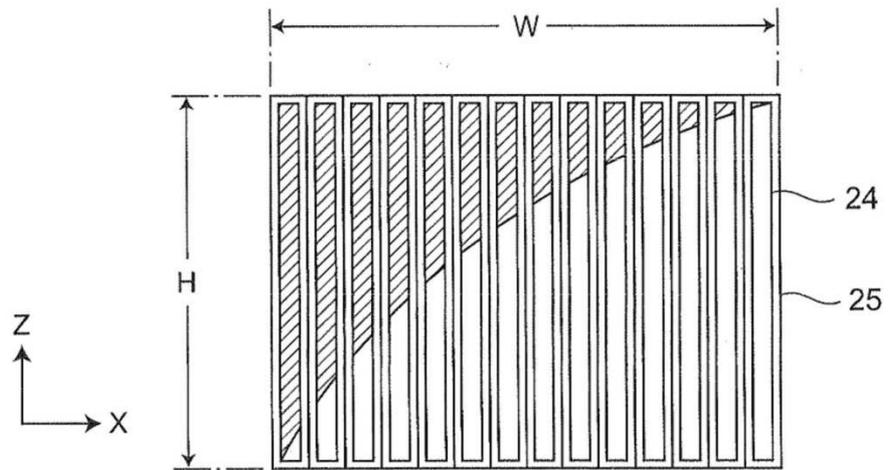


Fig.11

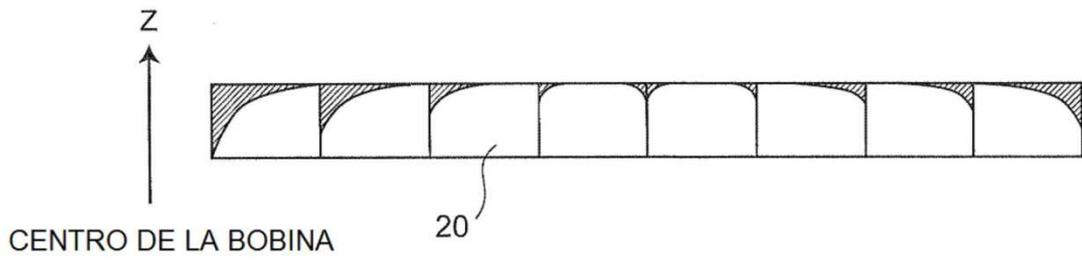


Fig.12A

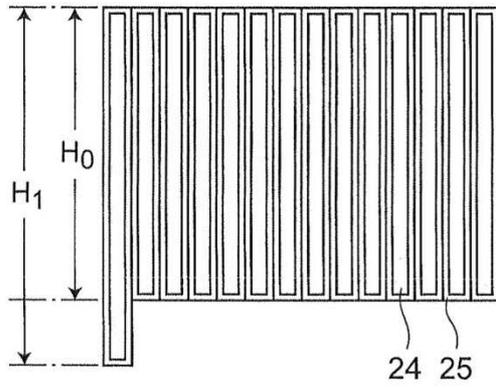


Fig.12B

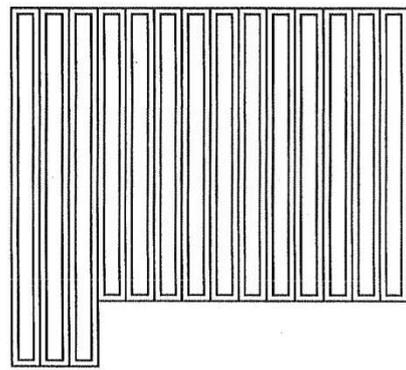


Fig.12C

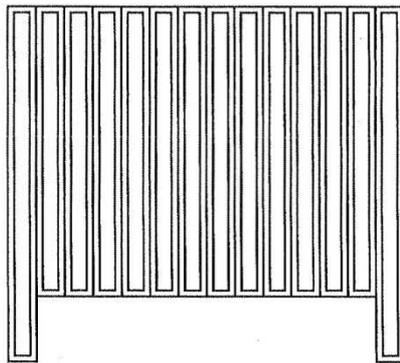


Fig.12D

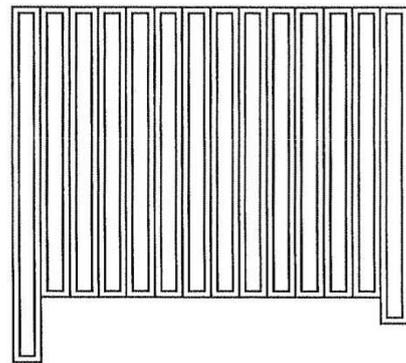


Fig.12E

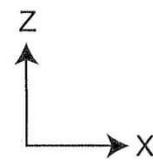
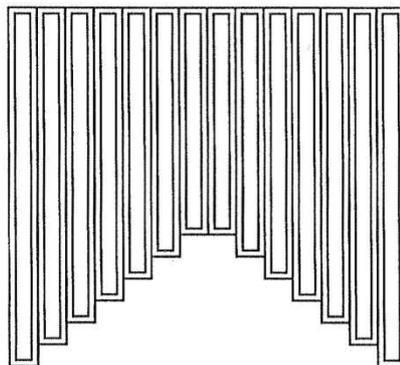


Fig.13

10

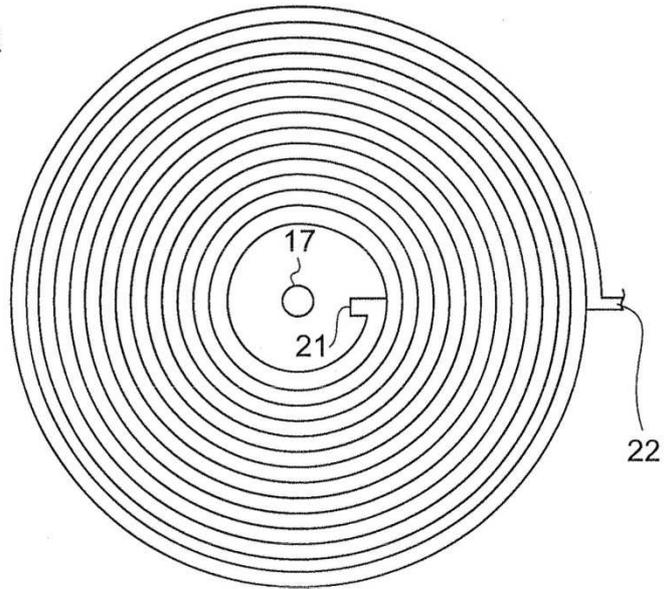


Fig.14

10

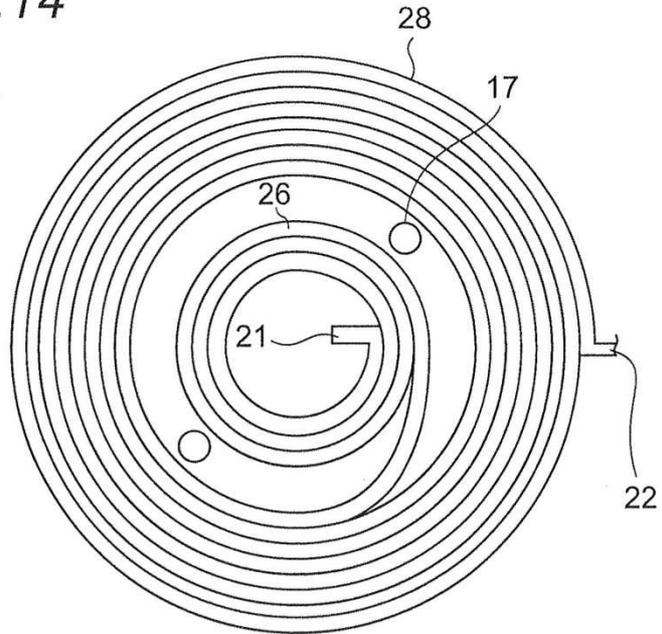


Fig.15

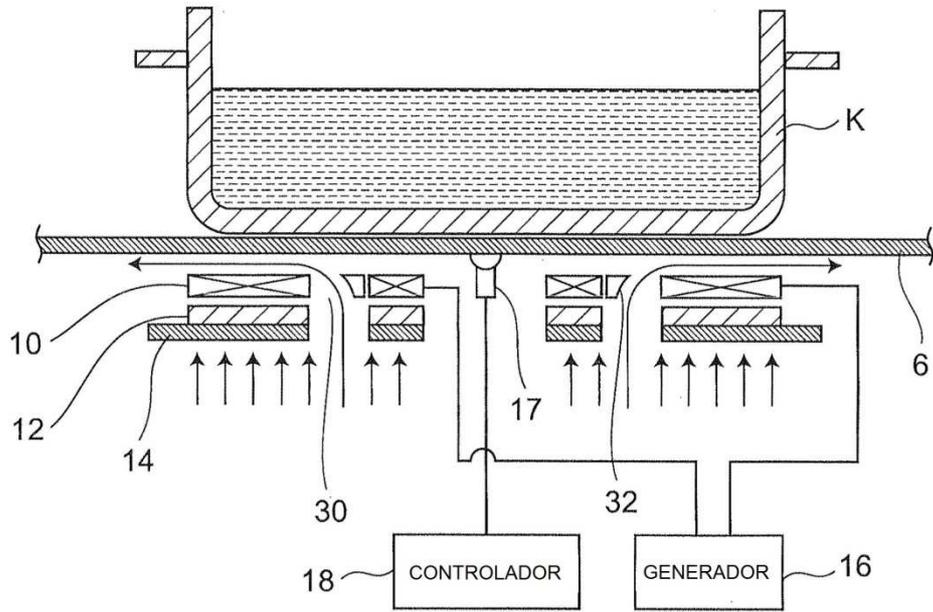


Fig.16

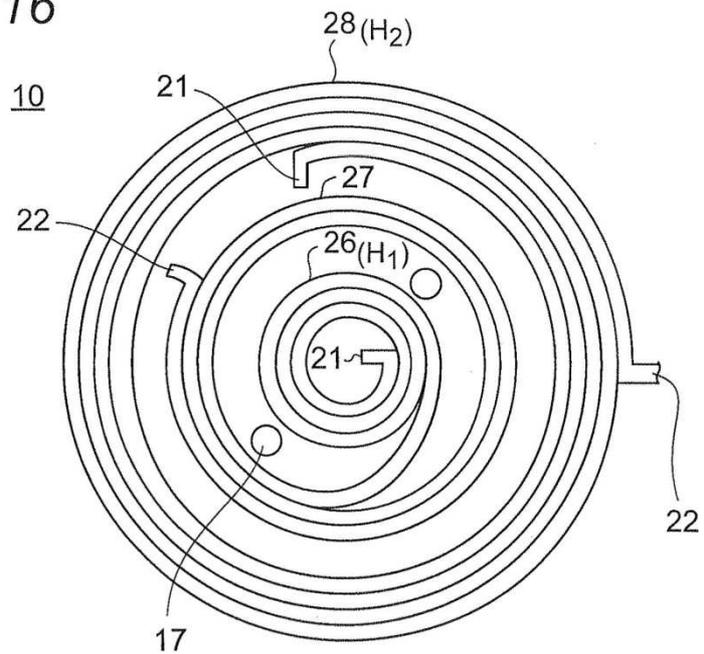


Fig.17

