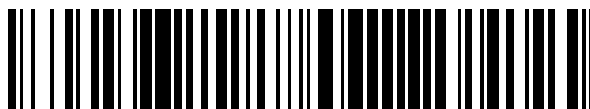


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 807**

51 Int. Cl.:

H01F 5/00 (2006.01)

H05B 6/42 (2006.01)

B22F 5/10 (2006.01)

B33Y 80/00 (2006.01)

B33Y 10/00 (2006.01)

B22F 3/105 (2006.01)

B23K 15/06 (2006.01)

H05B 6/36 (2006.01)

B33Y 70/00 (2006.01)

H01J 37/317 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2015** **E 15860288 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018** **EP 3223286**

54 Título: **Inductor magnético y método de fabricación**

30 Prioridad:

20.11.2014 ES 201431713

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.05.2019

73 Titular/es:

GH ELECTROTERMIA, S.A. (100.0%)
Vereda Real, s/n Ctra. Valencia-Ademuz
46184 San Antonio de Benageber (Valencia), ES

72 Inventor/es:

MORATALLA MARTÍNEZ, PEDRO;
RODRÍGUEZ LARA, JUAN CARLOS;
CASES SANCHÍS, CÉSAR;
MAGRANER CÁCERES, JOSÉ MIGUEL y
MEZQUIDA GISBERT, MIGUEL

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 711 807 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

Inductor magnético y método de fabricación

5 Objeto de la invención

El objeto de la presente invención se refiere a inductores magnéticos con geometría a medida fabricados en un metal conductor, no magnético (como por ejemplo, cobre, estaño, aluminio, oro, plata...), preferentemente cobre o una aleación base cobre y a su método de fabricación con tecnología EBM (Electron Beam Melting/Tecnología de fabricación basada en la fusión de haz de electrones).

Encuentra especial aplicación en el ámbito de la industria aeroespacial, automoción, medicina, forja, ferrocarril, construcción naval, etc.

15 Problema técnico a resolver y antecedentes de la invención

El calentamiento por inducción es un proceso que se utiliza para endurecer, unir o ablandar metales u otros materiales conductivos. En procesos modernos de fabricación, el calentamiento por inducción ofrece una atractiva combinación de velocidad, consistencia, control y eficiencia energética.

El inductor magnético es la pieza central para el calentamiento por inducción ya que a través de él pasa la corriente alterna que crea un campo magnético variable.

Por tanto, el diseño del inductor magnético es uno de los aspectos más importantes en la instalación de calentamiento. Un inductor magnético bien diseñado proporciona un correcto patrón de calentamiento para piezas, uniformizando la temperatura y maximizando la eficiencia del sistema de potencia de alimentación junto con la facilidad de carga y descarga de las piezas. La fabricación de inductores magnéticos tradicionales es un proceso excepcional no industrializado, donde la mayoría de los inductores magnéticos se fabrican individualmente de forma personalizada para adaptarse a la forma y tamaño de la pieza que van a calentar posteriormente.

Existe una relación proporcional entre la corriente que fluye en el inductor magnético y la distancia entre el inductor magnético y la pieza. Situar la pieza cerca del inductor magnético aumenta la corriente y el calor inducido en la pieza. A esta relación se le conoce como eficiencia de acoplamiento del inductor magnético.

Habitualmente los inductores magnéticos se fabrican con tubo de cobre que es muy buen conductor del calor y la electricidad. Los inductores magnéticos normalmente se refrigeran con agua circulante.

Hasta ahora eran conocidos los inductores magnéticos fabricados mediante métodos tradicionales donde a la materia prima del tubo de cobre se le da la forma según especificaciones de ingeniería. Este proceso artesanal provoca que la fabricación de inductores magnéticos idénticos con las mismas características de funcionamiento sea extremadamente difícil.

Sin embargo, los inductores magnéticos fabricados mediante tecnología EBM presentan las siguientes ventajas que no aportan los inductores magnéticos fabricados mediante métodos tradicionales:

- Las condiciones de precaldeo tan altas de las partículas de polvo de metal, en un rango entre los 400 y 500 °C para el Cu, hace que aparezcan menos deformaciones en los inductores magnéticos terminados.
- Es un proceso limpio, es decir, tiene un menor riesgo de contaminación del baño de fusión y del material que en cualquier otra técnica de soldadura.
- Debido a que es una tecnología de vacío proporciona inductores magnéticos fabricados sin óxidos, ni poros.
- Permite hacer inductores magnéticos con materiales reactivos y elevadas exigencias de pureza química.
- La alta densidad de energía permite hacer inductores magnéticos con más rapidez que otras tecnologías de fabricación aditiva que procesan metal y con mayor libertad geométrica.
- Tiene una eficiencia de conversión de energía del orden del 65 % ligeramente superior a la de los procesos de soldeo por arco y muy superior a la del láser.
- Las prestaciones mecánicas de los inductores magnéticos obtenidas son elevadas en comparación a otros procesos de fabricación aditiva en metal debido a que esta tecnología funde el metal previamente precalentado.
- La fusión en el vacío permite que las propiedades del material fundido sean de gran calidad.
- Permite la fusión de metales refractarios y combinaciones de metales distintos.
- Materiales 100 % densos (ausencia de poros).
- Mayor eficiencia en la generación del haz de electrones, resultando en un menor consumo de energía, así como en un menor coste de instalación y de mantenimiento.
- El desplazamiento del haz de electrones se consigue sin partes móviles, lo cual resulta en una mayor velocidad de exploración y en un coste de mantenimiento menor.

- Un ambiente en las condiciones térmicas adecuadas reduce las tensiones residuales en los inductores magnéticos fabricados, eliminando las grietas habituales en otras tecnologías sin necesidad de añadir unos ratios especiales.
- La pérdida de material es pequeña, porque el material se puede quitar de la plataforma de proceso y volver a utilizar más adelante.

En el estado de la técnica, se conocen los siguientes documentos:

- documento US2014/302258 A1, que divulga un sistema y método para fabricar conjuntos de bobina de gradiente de formación de imágenes resonantes magnéticas. Entre otras realizaciones, este método puede implicar depositar una primera capa que comprende un material base sobre una superficie para formar un sustrato y depositar una segunda capa sobre la primera capa;
- documento EP 3013502 A2, que divulga un método para generar un componente tridimensional por fusión láser selectiva, comprendiendo el método generar al menos un dispositivo de influencia de proceso por fusión láser selectiva durante la generación del componente tridimensional y activando el dispositivo de influencia de proceso para actuar en un área ya completada del componente tridimensional antes de completar el componente tridimensional;
- "Fabricating Copper Components with Electron Beam Melting", P. Frigola et al. Advanced Materials & Processes, 1 de julio de 2014, páginas 20-24. Este documento aborda la tecnología de fabricación aditiva para construir componentes desde cobre y aleaciones de cobre;
- "Novel precipitate microstructural architecture developed in the fabrication of solid copper components by additive manufacturing using electron beam melting", Ramirez D A et al. Acta Materialia, Elsevier, Oxford, GB vol. 59, nº 10, 10 de marzo de 2011, páginas 4088-4099. Este documento aborda la tecnología de Fabricación por Haz de Electrones (EBM) para la fabricación de componentes de cobre.
- documento US 2013/280547 A1, que divulga un método para fabricar un componente con conductividad térmica incrementada mediante construcción capa a capa;
- documento EP 2790858 A1, que divulga un método para fabricar de forma aditiva un artículo hecho de un material difícil de soldar, por lo que una mezcla de partículas metálicas de al menos una primera fase y una segunda fase se proporciona como un material de inicio, por lo que las mezclas de partículas metálicas se procesan mediante un proceso de fabricación aditiva tal como Fusión por Haz de Electrones (EBM);
- "Process development for the manufacturing of 99,94 % pure copper via selective electron beam melting", Lodes Matthias A et al. Materials Letters, vol. 143, 29 de diciembre de 2014, páginas 298-301. Este documento aborda la idoneidad del cobre, que tiene una alta conductividad térmica y eléctrica, para fabricación aditiva;
- documento JP 2012216661 A, que divulga un calentamiento por inducción que comprende un conductor a través del que un refrigerante para enfriar el polo magnético puede insertarse.
- "Selective electron beam melting of pure copper: influence of energy input on surface roughness and dimensional accuracy", R. Guschlbauer et al., Proceedings of 5th international Conference on Additive technologies, 16-17/10/2014, páginas 129-131 divulga un proceso EBM para producir un objeto de cobre denso.

Descripción de la invención

La presente invención se refiere a un inductor magnético para el calentamiento de piezas por inducción. Dicho inductor magnético es de una densidad mayor o igual al 99,9 % (ausencia de poros), y está fabricado por una pluralidad de capas soldadas formadas por partículas de polvo de metal de un material conductor, no magnético, preferentemente cobre o una aleación base cobre, de morfología esférica y de tamaño de grano comprendido entre los 40 y 100 μm ; y en una pieza entera incluyendo unos medios de conexión eléctricos y mecánicos.

Adicionalmente, la invención también describe un método de fabricación del inductor magnético, que hace uso de un sistema que comprende un cañón de electrones, una cámara de vacío, una cámara de trabajo y un sistema de manipulación.

Dicho método de fabricación del inductor magnético comprende las siguientes fases: generar y acelerar un haz de electrones en el cañón de electrones que comprende un cátodo, un electrodo y un ánodo; generar electrones al calentarse el cátodo por el paso del haz de electrones y acelerar y dirigir dichos electrones al ánodo previamente perforado y cargado positivamente; depositar, presionar y aplanar una capa de partículas de polvo de metal previamente precaldeado a altas temperaturas comprendidas en un rango entre los 350 y 700 grados, donde las partículas de polvo de metal comprenden un material conductor, no magnético, de morfología esférica y de tamaño de grano comprendido entre los 40 y 100 μm , encima de una superficie de construcción de la cámara de vacío de la máquina; fundir selectivamente las partículas de polvo de metal mediante el haz de electrones, produciendo la sección requerida que al mismo tiempo, se suelda a la anterior sección fabricada; bajar la superficie de construcción hasta el espesor deseado mediante un elevador, crear una nueva capa repitiendo los pasos anteriores, y el proceso empieza de nuevo para completar la construcción del inductor magnético; limpiar las partículas de polvo de metal sobrantes de la superficie del inductor magnético.

La temperatura de precaldeo de las partículas de polvo metal está seleccionada en un rango entre los 400 y 500

grados para el cobre.

Las características del método de fabricación están dadas a partir del volumen de la cámara de vacío y del calor aportado por el haz de electrones.

Los parámetros que controlan la cantidad de calor que el haz de electrones suministra al inductor magnético de trabajo son que el voltaje de aceleración entre el ánodo y el cátodo es del orden de 30-200 kV; la intensidad del haz de electrones se sitúa entre 0,5 y 1500 mA; el diámetro del foco del haz de electrones es de 0,25-1,5 mm; la velocidad de soldeo está sujeta al volumen de la cámara de vacío; y que la cámara de vacío oscila entre los 10^{-5} mbar y 10^{-3} mbar.

Las características técnicas de la máquina con la que se lleva a cabo este método de fabricación son las siguientes: la potencia del haz de electrones está comprendida entre los 50 y los 3000 W; el diámetro del haz de electrones está comprendido entre los 0,25 y 1,5 mm; la velocidad máxima de fabricación está comprendida entre los 20 y 60 cm³/h.

El método de fabricación del inductor magnético comprende aplicar unos post procesos de acabado de la superficie del inductor magnético dependiendo del material del que esté fabricado el inductor magnético. Dichos post procesos se seleccionan entre prensado isostático en caliente y homogenización en caliente.

El prensado isostático en caliente somete al material del inductor magnético a una temperatura elevada, entre 500 y 950 grados, y a una presión de gas isostático en un recipiente de contención de alta presión, entre los 50 y 300 MPa, para reducir la porosidad y aumentar la densidad del material.

La homogenización en caliente reduce las tensiones y homogeniza la micro granulometría del inductor magnético.

Breve descripción de las figuras

Para completar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña a esta memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, un conjunto de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

- Figura 1.- Muestra una realización concreta de un tipo de inductor magnético.
- Figura 2.- Muestra una realización concreta de un tipo de inductor magnético.
- Figura 3.- Muestra una realización concreta de un tipo de inductor magnético.
- Figura 4.- Muestra una realización concreta de un tipo de inductor magnético.
- Figura 5.- Muestra una realización concreta de un tipo de inductor magnético.

A continuación se proporciona una lista de los distintos elementos representados en las figuras que integran la invención:

1. Inductor magnético.

Descripción detallada

La presente invención se refiere a inductores magnéticos (1) con geometría a medida fabricados en un metal conductor, no magnético (como por ejemplo, cobre, estaño, aluminio, oro, plata...), preferentemente cobre o una aleación base cobre, y a su método de fabricación con tecnología EBM (Electron Beam Melting).

Dicha tecnología EBM es una tecnología de fabricación por haz de electrones que permite fabricar el inductor magnético (1), con cualquier forma geométrica por complicada que sea, incluso con cavidades, pudiendo incluso generar los medios de conexión eléctricos y mecánicos como son las aletas de conexión eléctrica del inductor magnético (1), todo de una sola vez, en una pieza entera de cobre.

La fabricación de los inductores magnéticos (1) se realiza superponiendo capas de partículas de polvo de metal fundido (cobre o aleación base cobre, preferentemente con una presencia de cobre mayor o igual al 80%) en una cámara al vacío donde un haz de electrones funde las partículas de polvo de metal depositado en las capas de una superficie de construcción siguiendo exactamente la geometría definida por un modelo CAD 3D previamente dibujado. Los inductores magnéticos (1) se fabrican con canales de refrigeración integrados que actúan como intercambiadores de calor y sirven para refrigerar el inductor magnético (1).

Como ya se ha dicho, dichos inductores magnéticos (1) son diseñados mediante un programa de CAD 3D y el fichero es transferido a un software de preproceso donde el modelo es seccionado en esas finas capas.

Una vez fabricado el inductor magnético (1), debe limpiarse. Si lo requiere, el inductor magnético (1) puede pasar por un proceso de mecanizado para su acabado.

Este método de fabricación de tecnología EBM tiene como ventaja obtener inductores magnéticos (1) con alta

densidad (ausencia de poros), alrededor del 99,9 % o superior, lo que implica tener altas prestaciones mecánicas y una larga vida a fatiga, con características metalúrgicas idénticas e incluso mejoradas a los inductores magnéticos (1) fabricados con procesos de fabricación convencionales. También se puede decir que es una variación a la sinterización láser selectiva clásica y se diferencia por el uso de partículas de polvo de metal sin la adición de elementos de bajo punto de fusión.

El sistema que permite fabricar dichos inductores magnéticos (1) según este tipo de tecnología EBM comprende al menos los siguientes componentes:

* Un cañón de electrones: es una cámara donde se alojan un cátodo, un ánodo y un electrodo de control. El cátodo es un filamento de metal refractario que se calienta hasta la temperatura de emisión (2500 K) por el paso de una intensidad de corriente elevada. El cátodo se encuentra a una tensión negativa respecto al ánodo que oscila entre 30 y 200 kV. Esta es la tensión de aceleración que puede proporcionar velocidades a los electrones algo superiores a la mitad de la velocidad de la luz. Entre el cátodo y el ánodo se encuentra el electrodo de control, que es un electrodo con forma de copa con una diferencia de potencial de entre 1 y 2 kV respecto al cátodo.

El cañón de electrones es el encargado de concentrar y regular el número de electrones. Estos electrones atraviesan el ánodo dirigiéndose al inductor magnético (1) de trabajo. Tras abandonar el ánodo los electrodos tienden a separarse unos de otros debido a la repulsión electromagnética entre cargas del mismo signo y a la agitación térmica radial que poseen. Esta dispersión se corrige mediante el sistema de enfoque que consiste en una bobina que crea un campo magnético corrector de la trayectoria de los electrones.

* Un sistema de vacío: es una cámara donde se aloja el cañón de electrones y en la que se practica el vacío para evitar la dispersión del haz de electrones por las moléculas del aire.

* Una cámara de trabajo: es el lugar donde se alojan los inductores magnéticos (1) que van a ser soldados. La forma y el tamaño de estas cámaras son dos variables a tener en cuenta, pues cuanto mayor sean las dimensiones más tiempo se tardará en alcanzar las condiciones de vacío. Por otro lado, cuanto más reducidas sean sus dimensiones más limitadas serán las dimensiones de los inductores magnéticos (1) que se pueden soldar.

* Sistemas de manipulación: debido a las condiciones de trabajo de estos equipos es necesario dotarlos de unos sistemas que permiten la manipulación de los inductores magnéticos (1) a lo largo de todo el proceso. Un ejemplo son los sistemas de control numérico que permiten desplazamientos rotativos y longitudinales del inductor magnético (1) respecto al haz de electrones. De esta forma también se asegura la repetitividad de los movimientos, necesaria para los procesos en serie.

El proceso llevado a cabo es el siguiente:

El haz de electrones, característico de este método de fabricación de inductores magnéticos (1), se genera y acelera en el cañón de electrones compuesto por el cátodo (filamento de tungsteno), el electrodo de control y el ánodo. Los electrones se generan cuando el cátodo se calienta como consecuencia del paso de una corriente eléctrica (corriente del haz de electrones) y son acelerados y dirigidos al ánodo, que se encuentra perforado y cargado positivamente. Los electrones que forman el haz poseen, por tanto, una velocidad alta al haber sido acelerados en un campo electrostático con una diferencia de potencial elevada, los campos magnéticos creados por unas bobinas electromagnéticas permiten organizar el haz de electrones con la forma deseada y dirigirlo hacia el inductor magnético (1) en fabricación. La energía cinética que poseen los electrones se convierten en calor al chocar con el inductor magnético (1) a fabricar favoreciendo la formación del denominado "keyhole" (ojo de cerradura), mediante el cual se produce el soldeo del inductor magnético (1).

Las bobinas electromagnéticas utilizadas en la tecnología EBM permiten la alta energía que se utilizará y proporcionará capacidad de alto punto de fusión y una alta productividad.

El método de fabricación se lleva a cabo en la cámara donde se crea un vacío para prevenir la oxidación del material, e implica las siguientes fases:

- depositar, presionar y aplanar una capa de partículas de polvo de metal, previamente precaldeado a altas temperaturas, comprendidas en un rango entre los 350 y 700 grados, preferentemente entre los 400 y 500 °C para el Cu, encima de la superficie de construcción de la máquina;
- enfocar el haz de electrones según un sistema de bobinas electromagnéticas en el plano XY y fundir selectivamente las partículas de polvo de metal, produciendo la sección deseada que al mismo tiempo, se suelda a la anterior;
- bajar la superficie de construcción hasta el espesor deseado mediante un elevador, crear una nueva capa repitiendo los pasos, y el proceso empieza otra vez para completar la construcción del inductor magnético (1);
- mejorar la superficie del inductor magnético (1) por proyección de arena, acabado manual clásico o mediante postprocesos mecánicos.

Por ser un método de fabricación cerrado se puede recuperar gran parte de las partículas de polvo de metal (97 %) no utilizado que queda en la superficie de construcción, así como también partículas de polvo de metal retirado al inductor magnético (1) terminado, ya sea por método de aspiración o soplado.

Las características del método de fabricación están dadas a partir del volumen de la cámara de vacío y del calor aportado por el haz de electrones.

Los parámetros que controlan la cantidad de calor que el haz de electrones suministra al inductor magnético (1) de trabajo son:

- el voltaje de aceleración entre el ánodo y el cátodo es del orden de 30-200 kV,
- la intensidad del haz de electrones se sitúa entre 0,5 y 1500 mA,
- el diámetro del foco del haz de electrones es de 0,25-1,5 mm,
- la velocidad de soldeo está sujeta al volumen de la cámara de vacío,
- la cámara de vacío oscila entre los 10^{-5} mbar y 10^{-3} mbar, proporcionando una presión base mínima de 1×10^{-5} mbar a lo largo de todo el ciclo de generación y durante el proceso de fusión real proporciona unas presiones parciales de 2×10^{-3} mbar, que aseguran un entorno limpio y controlado importante para mantener la especificación química del material incorporado.

Las partículas del polvo de metal utilizado para la fabricación de los inductores magnéticos (1) deben ser de un material conductor, no magnético (cobre, estaño, aluminio, oro, plata...), preferentemente cobre o una aleación base cobre, poseer una morfología esférica y el tamaño del grano debe estar comprendido preferentemente entre los 40 y 100 μm .

Las características técnicas de la máquina con la que se lleva a cabo este método de fabricación son las siguientes:

- Máxima medida de construcción: 250*250*400 mm o 350*350*250 mm,
- potencia del haz de electrones: entre 50 y 3000 W, variable continuamente,
- Diámetro del haz de electrones: 0,25 -1,5 mm
- Velocidad máxima de fabricación: 20 a 60 cm^3/h , dependiente del material,
- presión de vacío: oscila entre los 10^{-5} mbar y 10^{-3} mbar,
- potencia de suministro: 3*400 V, 32 A, 7 kW,
- tipo de archivo: STL,
- dimensión y peso de la máquina: 1850*900*2200 mms (W*D*H), 1420 kg.

Gracias a este nuevo método de fabricación, el proceso de fabricación de inductores magnéticos (1) se convierte en un proceso industrializado, de forma que se pueden fabricar inductores magnéticos (1) en serie de manera rápida y eficaz. Además, con este método de fabricación es posible fabricar inductores magnéticos (1) idénticos, incrementando de esta forma la repetitividad y consistencia cuando existen varios sistemas o máquinas ejecutando el mismo proceso, y reduce significativamente el tiempo de mantenimiento y calibrado cuando los inductores magnéticos (1) necesitan reemplazarse.

Adicionalmente, el hecho de fabricar los inductores magnéticos (1) en vacío hace que haya menos oxígeno y por tanto menos oxidación.

Las cualidades estructurales de los inductores magnéticos (1) pueden mejorarse mediante la aplicación de post procesos dependiendo del material. Dentro de esos tratamientos están:

- HIP, Hot Isostatic pressing (Prensado Isostático en Caliente): proceso de fabricación utilizado para reducir la porosidad de los metales y aumentar la densidad de muchos materiales, donde estos mejoran la maquinabilidad y las propiedades mecánicas. El proceso de HIP somete el material a una temperatura elevada, entre 500 y 950 grados, y a una presión de gas isostático en un recipiente de contención de alta presión, entre los 50 y 300 MPa. La presurización de gas más utilizado es el argón, por ser un gas inerte, de modo que el material no reacciona químicamente.
- HOM, Heat homogenization (Homogenización en Caliente): proceso que se aplica para reducir tensiones y homogenizar la micro granulometría del inductor magnético (1).

La presente invención no debe verse limitada a la forma de realización aquí descrita. Otras configuraciones pueden ser realizadas por los expertos en la materia a la vista de la presente descripción. En consecuencia, el ámbito de la invención queda definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de un inductor magnético (1) con una densidad mayor o igual al 99,9 %, en una parte de única pieza incluyendo medios de conexión eléctricos y mecánicos, en el que dicho inductor magnético (1) comprende al menos un canal interior (2) que va todo a lo largo de la longitud del inductor magnético (1) y que se configura para canalizar un flujo de líquido refrigerante en su interior, en el que el método comprende usar un sistema que comprende un cañón de electrones, una cámara de vacío, una cámara de trabajo y un sistema de manipulación **caracterizado por que** comprende las siguientes fases:
- a. generar y acelerar un haz de electrones en el cañón de electrones que comprende un cátodo, un electrodo y un ánodo;
 - b. generar electrones al calentarse el cátodo por el paso del haz de electrones y acelerar y dirigir dichos electrones al ánodo previamente perforado y cargado positivamente;
 - c. depositar, presionar y aplanar una capa de partículas de polvo de metal previamente precaldeado a altas temperaturas comprendidas en un rango entre los 350 y 700 grados, donde las partículas de polvo de metal comprenden un material conductor, no magnético, de morfología esférica y de tamaño de grano comprendido entre los 40 y 100 μm , encima de una superficie de construcción de la cámara de vacío de la máquina;
 - d. fundir selectivamente las partículas de polvo de metal mediante el haz de electrones, produciendo la sección requerida que al mismo tiempo, se suelda a la anterior sección fabricada;
 - e. bajar la superficie de construcción hasta el espesor deseado mediante un elevador, crear una nueva capa repitiendo los pasos a) a d), y el proceso empieza de nuevo para completar la construcción del inductor magnético (1);
 - f. limpiar las partículas de polvo de metal sobrantes de la superficie del inductor magnético (1);
- en el que:
- la temperatura de precaldeo de las partículas de polvo metal están seleccionadas en un rango entre los 400 y 500 grados para el cobre;
 - el voltaje de aceleración entre el ánodo y el cátodo está comprendido entre los 30 y los 200 kV;
 - la intensidad del haz de electrones está comprendida entre 0,5 y 1500 mA;
 - el diámetro del foco del haz de electrones está comprendido entre los 0,25 y 1,5 mm;
 - la presión de vacío está comprendida entre los 10^{-5} mbar y 10^{-3} mbar, y;
 - la potencia del haz de electrones está comprendida entre los 50 y los 3000 W.
2. Método de fabricación del inductor magnético (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la velocidad máxima de fabricación está comprendida entre los 20 y 60 cm^3/h .
3. Método de fabricación del inductor magnético (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende aplicar unos post procesos de acabado de la superficie del inductor magnético (1) dependiendo del material del que esté fabricado el inductor magnético (1).
4. Método de fabricación del inductor magnético (1) según la reivindicación 3, **caracterizado por que** el post proceso aplicado al inductor magnético (1) es prensado isostático en caliente.
5. Método de fabricación del inductor magnético (1) según la reivindicación 4, **caracterizado por que** el prensado isostático en caliente somete al material del inductor magnético (1) a una temperatura elevada, entre 500 y 950 grados, y a una presión de gas isostático en un recipiente de contención de alta presión, entre los 50 y 300 MPa.

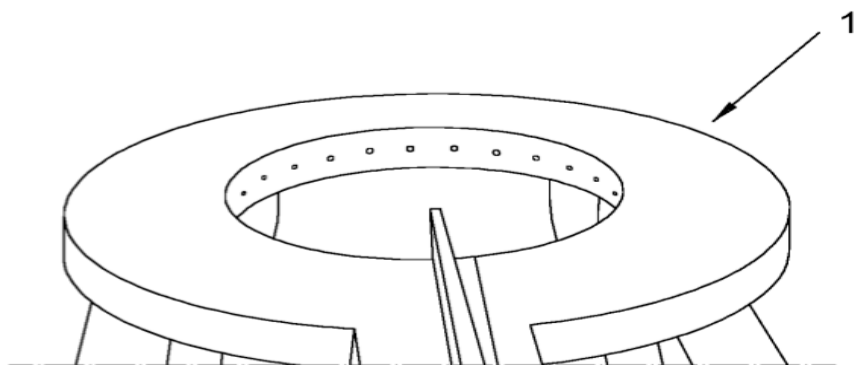


FIG. 1

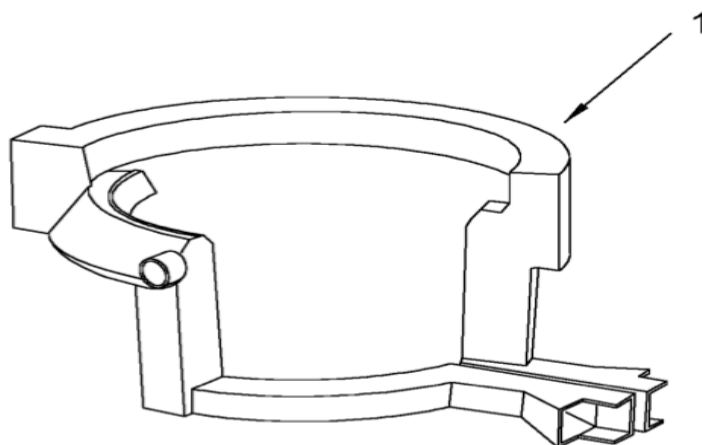


FIG. 2

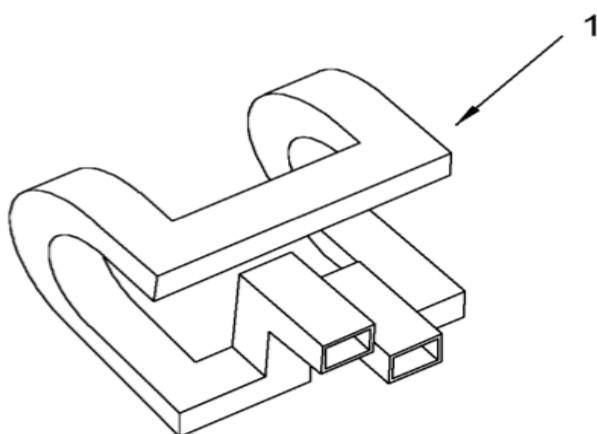


FIG. 3

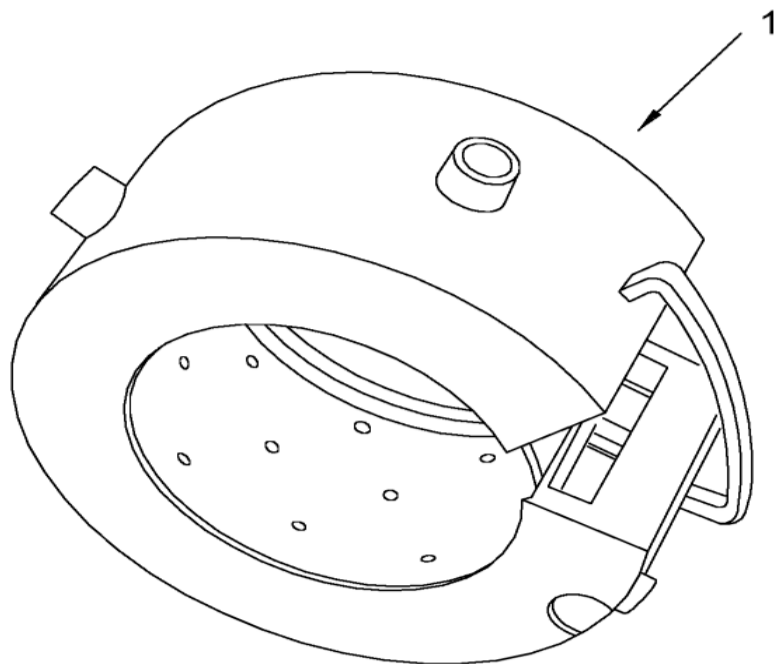


FIG. 4

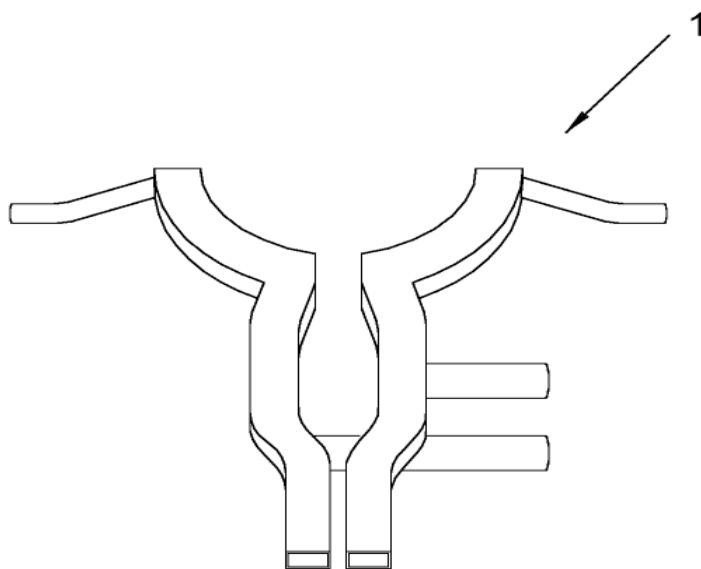


FIG. 5