

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 159**

21 Número de solicitud: 201531051

51 Int. Cl.:

**H05B 6/10**

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**17.07.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**17.02.2017**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2016/070325**

71 Solicitantes:

**GH ELECTROTERMIA, S.A. (100.0%)  
VEREDA REAL, S/Nº  
46184 SAN ANTONIO DE BENAGÉBER (Valencia)  
ES**

72 Inventor/es:

**MORATALLA MARTÍNEZ, Pedro**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO PARA EL REVENIDO POR INDUCCIÓN DE PIEZAS METÁLICAS**

57 Resumen:

Sistema (1) y método desarrollados para realizar el revenido por inducción de piezas metálicas (4) cerradas en toda su sección. Preferentemente grandes rodamientos. El diámetro de dichos rodamientos está entre los 1.5 y 10 metros aproximadamente. El sistema (1) está configurado para inyectar corriente a través de un bobinado primario (3) generando un flujo magnético en un núcleo (2) transformador que induce una corriente que calienta una pieza metálica (4) que actúa como un bobinado secundario. El método que hace uso del sistema comprende abrir el núcleo (2) transformador, colocar la pieza (4) dentro y cerrarlo; inyectar corriente a través del bobinado primario (3) e inducir una corriente en la pieza metálica (4) para calentarla, activar un regulador PID para conseguir una homogeneidad de temperatura en toda la pieza metálica (4), abrir el núcleo (2) transformador para desmagnetizarlo, sacar la pieza metálica (4) y posteriormente enfriar la pieza metálica (4).

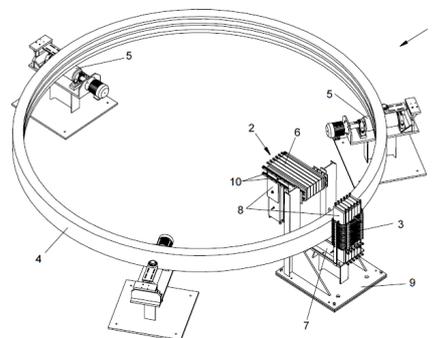


FIG. 1

## DESCRIPCIÓN

Sistema y método para el revenido por inducción de piezas metálicas

### 5 **OBJETO DE LA INVENCION**

El objeto de la presente invención se refiere a un sistema y a un método desarrollados para realizar el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección. Estas piezas, que preferiblemente son de acero y deben de estar cerradas sobre sí mismas para cerrar un circuito magnético son grandes rodamientos, concretamente rodamientos eólicos.

10 El diámetro de dichos rodamientos está entre los 1.5 y 10 metros aproximadamente.

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 INVENCION**

El tratamiento de revenido consiste en calentar una pieza de acero, después del templeado, a una temperatura menor al punto crítico, seguido de un enfriamiento controlado para disminuir la gran fragilidad que tienen los aceros tras el tratamiento de temple.

20 El revenido no solo mejora los efectos del temple llevando a la pieza de acero a un punto de mínima fragilidad, sino que también reduce las tensiones internas de transformación que se originan en el temple, reduciendo la resistencia a la rotura por tracción, el límite elástico y la dureza y elevando las características de ductilidad y tenacidad.

25 En la actualidad el revenido de piezas una vez templadas se realiza en hornos convencionales u hornos de foso, este tipo de hornos normalmente están enterrados en el suelo. Estos hornos tienen capacidad para más de una pieza, sin embargo este método de revenido conlleva múltiples desventajas como son: varias piezas acumuladas en el proceso; el revenido, es necesario hacerlo antes de dos horas después del temple, por lo que muchas  
30 veces se revienen de una en una aunque el horno tenga capacidad para más piezas (baja eficiencia); el horno debe ser encendido con antelación al proceso de revenido, el tiempo de procesado suele ser de unas 2 horas aproximadamente, etc.

Por tanto, la presente invención viene a solucionar los problemas del estado de la técnica anteriormente mencionados, proporcionando un sistema y un método que presentan las siguientes ventajas:

- con este nuevo método el revenido se realiza al instante, ya que se realiza por inducción, por lo que no hace falta tener que encender un horno con antelación,
- con este nuevo método el tiempo de procesado es mucho más corto, pasando de 2 horas aproximadamente en un horno a 15 minutos,
- con este nuevo método se ahorra energía,
- con este nuevo método se evita problema de grietas, al reducir el tiempo transcurrido entre el temple y el revenido.

### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un sistema para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección que comprende al menos: un circuito oscilante que fija una frecuencia de trabajo del sistema, conectado a un bobinado primario devanado sobre un núcleo transformador, donde el núcleo transformador comprende dos columnas laterales, una culata superior y una culata inferior, tal que el núcleo transformador está configurado para introducir y apoyar dentro la pieza metálica, separada del bobinado primario, de modo que dicha pieza metálica actúa como un bobinado secundario, donde el sistema está configurado para inyectar corriente a través del bobinado primario generando un flujo magnético en el núcleo transformador que induce una corriente que calienta la pieza metálica.

Las piezas metálicas son grandes rodamientos de acero, concretamente rodamientos eólicos.

Adicionalmente, el sistema para el revenido por inducción comprende un sistema de giro formado por unos rodillos montados sobre unos rodamientos refrigerados, que hace que la pieza metálica pueda girar para distribuir el calentamiento de forma homogénea en toda la pieza.

El núcleo transformador comprende unos medios de apertura y cierre, los cuales están seleccionados entre un cilindro acoplado al núcleo y un motor servocontrolado, y comprende

también unas guías para desplazar la culata superior y una de las columnas laterales respecto de la culata inferior y la columna lateral con el bobinado primario.

5 El sistema para el revenido por inducción también comprende un pirómetro para medir la temperatura de la pieza metálica y un regulador PID para homogeneizar la temperatura de la pieza metálica.

Otro objeto de la invención es el método que hace uso del sistema anterior, donde dicho método comprende las siguientes fases:

- 10
- i) abrir el núcleo transformador y colocar la pieza metálica dentro, apoyada sobre la culata inferior de dicho núcleo transformador y sobre los rodillos del sistema de giro, y separada del bobinado primario,
  - ii) cerrar el núcleo transformador una vez colocada la pieza metálica dentro,
  - 15 iii) inyectar corriente con una frecuencia de trabajo determinada mediante el circuito oscilante a través del bobinado primario para generar un flujo magnético en el núcleo transformador e inducir una corriente en la pieza metálica para calentarla,
  - iv) activar un regulador PID durante un tiempo preestablecido para homogeneizar la temperatura en toda la pieza metálica una vez alcanzada la temperatura de
  - 20 revenido requerida para dicha pieza metálica,
  - v) medir la temperatura de la pieza metálica mediante un pirómetro para evitar un sobrecalentamiento,
  - vi) abrir el núcleo transformador para desmagnetizarlo y sacar la pieza metálica,
  - vii) enfriar la pieza metálica mediante aire o agua.

25 La frecuencia de trabajo es inversamente proporcional a la sección de la pieza metálica.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

30 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 el sistema de la invención donde se observa cómo una vez abierto el núcleo, e introducido el rodamiento, éste queda apoyado sobre la culata inferior del núcleo y sobre los rodillos del sistema de giro, separado del bobinado primario.

5 Figura 2.- Muestra el núcleo una vez cerrado, de modo que al hacer circular corriente a través del bobinado primario se genera un flujo magnético en el núcleo transformador y se induce una corriente en la pieza calentándola.

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

1. Sistema para el revenido.
2. Núcleo de un transformador.
3. Bobinado primario.
- 15 4. Pieza metálica (rodamiento).
5. Rodillos.
6. Culata superior.
7. Culata inferior.
8. Columnas laterales.
- 20 9. Base.
10. Guías.

### **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

25 El objeto de la presente invención se refiere a un sistema (1) y a un método desarrollados para realizar el revenido por inducción de piezas metálicas (4) cerradas en toda su sección. Como ya se ha descrito anteriormente, estas piezas (4) son de acero y deben de estar cerradas sobre sí mismas para cerrar el circuito magnético. Estas piezas (4) son grandes rodamientos, concretamente rodamientos eólicos. El diámetro de dichos rodamientos está entre los 1.5 y 10 metros aproximadamente.

30 El principio de funcionamiento de este nuevo método se basa en el funcionamiento de un transformador, que como es sabido, los transformadores están compuestos por un núcleo (2), un bobinado primario (3) y un bobinado secundario. Sin embargo, en lugar de tener un

bobinado secundario como es habitual, en este caso, se tiene la pieza (4) grande metálica cerrada en toda su sección.

El sistema (1) para poder llevar a cabo el método de revenido comprende:

5

- un generador de corriente: que convierte la energía obtenida de la red eléctrica convencional en señal de media o alta frecuencia apta para la alimentación del sistema (1) de revenido por inducción;

10

- un circuito oscilante: que aporta la capacidad necesaria para establecer un circuito resonante junto con la inductancia propia de una bobina. El circuito oscilante fija la frecuencia de trabajo del sistema (1) de revenido por inducción, que permitirá que el calentamiento presente unas características acordes con el proceso a conseguir, esencialmente, el circuito oscilante se compone de uno o varios condensadores cuyo número y tipo depende de las características eléctricas del circuito oscilante a establecer;

15

- un núcleo (2) transformador: cerrado de material ferromagnético, compuesto por dos columnas laterales (8), una culata superior (6) y una culata inferior (7) a modo de marco y en medio de dicho marco comprende un hueco para introducir la pieza (4) a calentar. Este núcleo (2) transformador es común al bobinado primario (3) y la pieza (4), y se encarga de conducir el flujo magnético a través del mismo (manteniéndolo confinado dentro de él) para generar la corriente en la pieza (4). Esta dimensionado para trabajar en el rango de tensión y frecuencia de trabajo determinada para la pieza (4);

20

- un bobinado primario (3): compuesto por hilo de cobre enrollado sobre una de las columnas (8) del núcleo (2) transformador y recubierto por una capa aislante, que suele ser barniz. Define el factor de multiplicación de la corriente que entrega el generador, y junto con los condensadores fija la frecuencia de trabajo del circuito oscilante;

25

- un sistema de giro de la pieza (4): el calentamiento de la pieza (4) en la zona donde está situado el núcleo (2) transformador es mayor que en el resto de la pieza (4), debido al flujo de dispersión del núcleo (2) transformador. Por lo tanto, es necesario disponer de un sistema de giro para poder mover y así distribuir este mayor calentamiento en todo el perímetro de la pieza (4). Este sistema de giro de la pieza (4) se compone de unos rodillos (5), los cuales se montan sobre unos rodamientos refrigerados (no mostrados en las figuras) para garantizar que los rodillos (5) no se quemen por transferencia de energía.

30

Al abrirse el núcleo (2) transformador para poder colocar la pieza (4) dentro, la columna lateral (8) del bobinado primario (3) junto con la culata inferior (7) se mantienen fijas, mientras que la columna lateral (8) libre junto con la culata superior (6) se desplazan horizontalmente a través de unas guías (10) incorporadas en el núcleo (2) transformador.

5 Posteriormente, una vez que la pieza (4) queda apoyada sobre la culata inferior (7) y sobre los rodillos (5) del sistema de giro, el núcleo (2) transformador se vuelve a cerrar para cerrar así el circuito magnético.

10 La figura 1 muestra el núcleo (2) transformador abierto y la pieza (4) (rodamiento) apoyada sobre la culata inferior (7) y sobre los rodillos (5) del sistema de giro. Una base (9) permite la sujeción del núcleo (2) transformador. Se observa también como unos medios de guiado, concretamente unas guías (10), incorporadas en dicho núcleo (2) transformador permiten desplazar y separar la culata superior (6) y una de las columnas laterales (8) respecto de la culata inferior (7) y la columna lateral (8) con el bobinado primario (3) para poder introducir la  
15 pieza (4).

A pesar de que el circuito oscilante no se muestre en las figuras, este iría conectado al bobinado primario (3).

20 Otro objeto de la invención trata del método para el revenido por inducción de piezas metálicas (4).

Según la invención, el bobinado primario (3) está devanado sobre una de las columnas laterales (8) del núcleo (2), separado de la pieza (4) y conectado al generador de corriente, el cual se encarga de hacer pasar una corriente a través de dicho bobinado primario (3) con  
25 una frecuencia de trabajo determinada. Esta frecuencia de trabajo depende de la sección de la pieza (4) a calentar, cuanto mayor sea la sección de la pieza (4) a calentar menor será la frecuencia empleada y cuanto menor sea la sección de la pieza (4) a calentar mayor será la frecuencia empleada.

30 La única conexión entre el bobinado primario (3) y la pieza (4) la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo (2). El núcleo (2), generalmente, está fabricado en hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético.

La corriente que pasa por el bobinado primario (3) debe de ser lo suficientemente elevada para conseguir transmitir la potencia requerida a la pieza (4) (calentar la pieza), obviamente, dicha corriente necesaria dependerá de las dimensiones de la pieza (4) y del tiempo de calentamiento que se desee. Tal y como se ha explicado, la potencia en la pieza (4) se consigue debido a que ésta actúa como bobinado secundario del núcleo (2) transformador, luego por la pieza (4) circulará una corriente proporcional a la corriente del bobinado primario (3) multiplicada por el nº de espiras de dicho bobinado primario (3).

$$I_2 (i \text{ pieza}) = I_1 (i \text{ bobinado primario}) \cdot N_1 (\text{n}^\circ \text{ de espiras bobinado primario})$$

La potencia entregada en la pieza (4) dependerá de las pérdidas por efecto Joule que se producen debido al material conductor de dicha pieza (4) al hacer circular corriente a través de la misma. Esto es:

$$P (\text{Potencia pieza}) = I_2^2 (i \text{ pieza}) \cdot R (\text{Resistencia equivalente de la pieza})$$

Una vez conectado el bobinado primario (3) al generador de corriente, el método comprende las siguientes etapas:

- i) abrir el núcleo (2) transformador y colocar la pieza (4) dentro, apoyada sobre la culata inferior (7) de dicho núcleo transformador (2) y sobre los rodillos (5) del sistema de giro, y separada del bobinado primario (3),
- ii) cerrar el núcleo (2) transformador una vez colocada la pieza (4) dentro para cerrar el circuito magnético,
- iii) inyectar corriente con una frecuencia de trabajo determinada mediante el circuito oscilante a través del bobinado primario (3) para generar un flujo magnético en el núcleo (2) transformador e inducir una corriente en la pieza metálica (4) para calentarla,
- iv) activar un regulador PID durante un tiempo preestablecido para conseguir una homogeneidad de temperatura en toda la pieza metálica (4) una vez alcanzada la temperatura de revenido requerida para dicha pieza metálica (4),
- v) medir la temperatura de la pieza metálica (4) mediante un pirómetro para evitar un sobrecalentamiento,

vi) abrir el núcleo (2) transformador para desmagnetizarlo y sacar la pieza metálica (4),

vii) enfriar la pieza metálica (4) mediante aire o agua.

5 Los medios de apertura y cierre del núcleo (2) transformador están seleccionados entre un cilindro acoplado al núcleo (2) y un motor servocontrolado.

10 La temperatura de revenido requerida para cada pieza (4) dependerá de sus dimensiones, mientras que el tiempo de homogenización llevado a cabo por el regulador PID son aproximadamente 5 minutos.

15 La apertura del núcleo (2) transformador permite la desmagnetización de dicho núcleo (2), es decir, al abrirlo, se rompe el circuito magnético establecido y esto impide que una cierta cantidad de flujo magnético quede atrapado en el núcleo (2). El magnetismo remanente puede causar varios problemas tales como un diagnóstico erróneo basado en las medidas en el transformador, un súbito aumento de corriente de arranque del transformador, etc.

20 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. Sistema (1) para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección que comprende al menos:

- 5       - un circuito oscilante que fija una frecuencia de trabajo del sistema (1), conectado a  
      - un bobinado primario (3) devanado sobre un núcleo (2) transformador,  
      donde el núcleo (2) transformador comprende dos columnas laterales (8), una culata superior (6) y una culata inferior (7),

10       **caracterizado por** que el núcleo (2) transformador está configurado para introducir y apoyar dentro la pieza metálica (4), separada del bobinado primario (3), de modo que dicha pieza metálica (4) actúa como un bobinado secundario, donde el sistema (1) está configurado para inyectar corriente a través del bobinado primario (3) generando un flujo magnético en el núcleo (2) transformador que induce una corriente que calienta la pieza metálica (4).

15       2. Sistema (1) para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según la reivindicación 1, **caracterizado por** que comprende un sistema de giro para distribuir el calentamiento en toda la pieza (4).

20       3. Sistema (1) para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según la reivindicación 2, **caracterizado por** que el sistema de giro comprende unos rodillos (5) montados sobre unos rodamientos refrigerados.

25       4. Sistema (1) para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que las piezas metálicas (4) son rodamientos de acero.

30       5. Sistema (1) para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que el núcleo (2) transformador comprende unos medios de apertura y cierre.

6. Sistema (1) para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según la reivindicación 5, **caracterizado por** que los medios de apertura y cierre del núcleo (2) transformador están seleccionados entre un cilindro acoplado al núcleo (2) y un motor servocontrolado.

7. Sistema (1) para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que el núcleo (2) transformador comprende unas guías (10) para desplazar la culata superior (6) y una de las columnas laterales (8) respecto de la culata inferior (7) y la columna lateral (8) con el bobinado primario (3).

8. Sistema (1) para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que comprende un pirómetro para medir la temperatura de la pieza metálica (4).

9. Sistema (1) para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que comprende un regulador PID para homogeneizar la temperatura de la pieza metálica (4).

10. Método para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección que hace uso del sistema (1) definido en las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por** que comprende las siguientes fases:

- i) abrir el núcleo (2) transformador y colocar la pieza metálica (4) dentro, apoyada sobre la culata inferior (7) de dicho núcleo (2) transformador y separada del bobinado primario (3),
- ii) cerrar el núcleo (2) transformador una vez colocada la pieza metálica (4) dentro,
- iii) inyectar corriente con una frecuencia de trabajo determinada mediante el circuito oscilante a través del bobinado primario (3) para generar un flujo magnético en el núcleo (2) transformador e inducir una corriente en la pieza metálica (4) para calentarla.

11. Método para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según la reivindicación 10, **caracterizado por** que comprende las siguientes fases adicionales:

- iv) activar un regulador PID durante un tiempo preestablecido para homogeneizar la temperatura en toda la pieza metálica (4) una vez alcanzada la temperatura de revenido requerida para dicha pieza metálica (4),
- v) medir la temperatura de la pieza metálica (4) mediante un pirómetro para evitar un sobrecalentamiento.

5

12. Método para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según la reivindicación 11, **caracterizado por** que comprende las siguientes fases adicionales:

- vi) abrir el núcleo (2) transformador para desmagnetizarlo y sacar la pieza metálica (4),
- vii) enfriar la pieza metálica (4).

10

13. Método para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según la reivindicación 12, **caracterizado por** que en la etapa vii) la pieza metálica (4) se enfría mediante aire o agua.

15

14. Método para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según la reivindicación 10, **caracterizado por** que en la etapa i) la pieza metálica (4) adicionalmente se apoya sobre los rodillos (5) del sistema de giro.

20

15. Método para el revenido por inducción de piezas metálicas cerradas en toda su sección según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que la frecuencia de trabajo es inversamente proporcional a la sección de la pieza metálica (4).

25

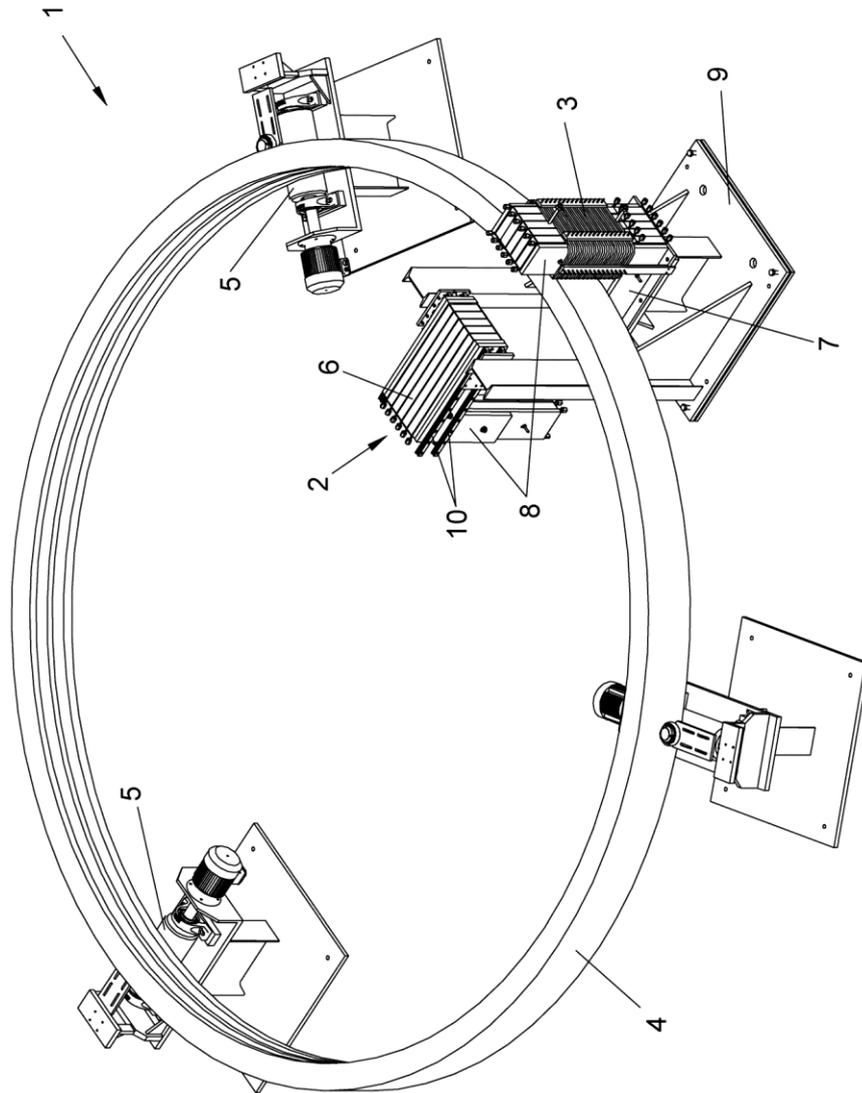


FIG. 1

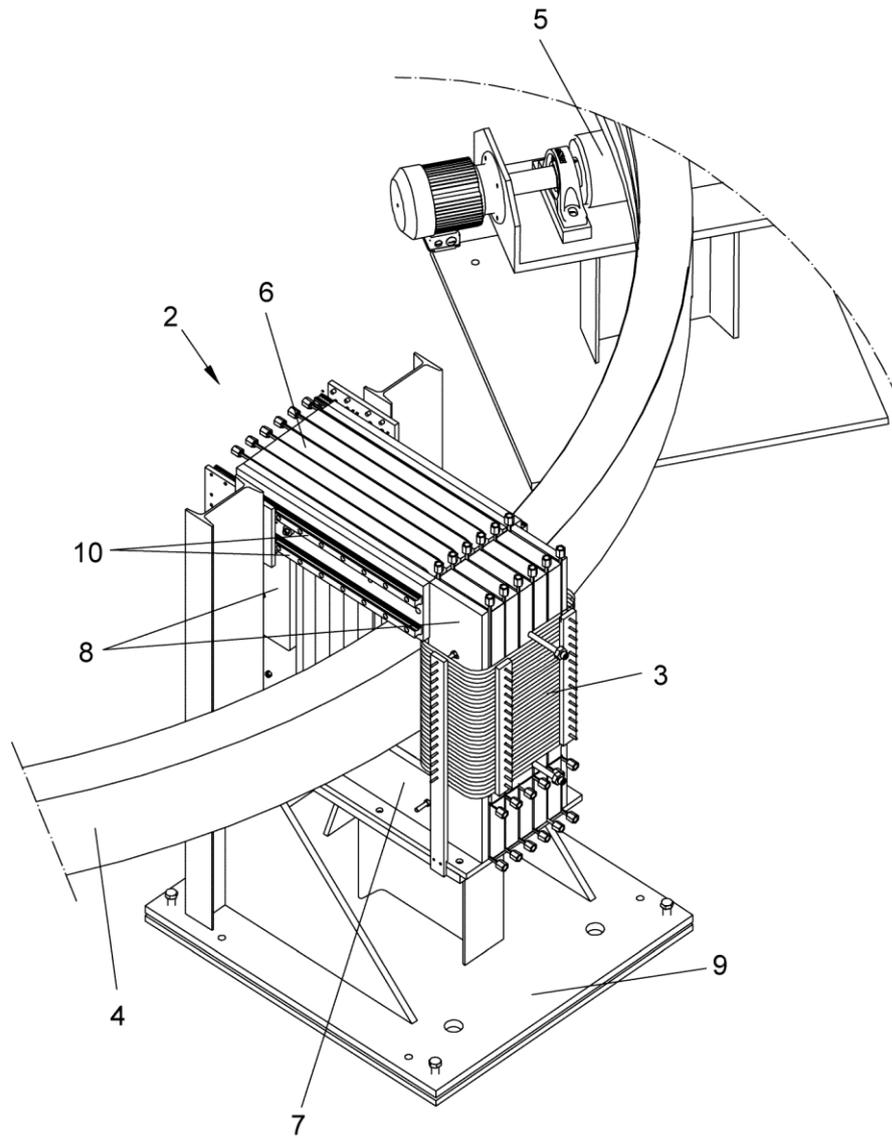


FIG. 2