(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 582 642**

(51) Int. Cl.:

H05B 6/14 (2006.01)
H05B 6/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2012** **E 12719059 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016** **EP 2820917**

(54) Título: **Dispositivo para calentamiento por inducción de un lingote**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.09.2016

(73) Titular/es:

INOVA LAB S.R.L. (100.0%)
Via Torino 213
Leini, IT

(72) Inventor/es:

DUGHIERO, FABRIZIO;
FORZAN, MICHELE y
ZERBETTO, MARCELLO

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

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).

ES 2 582 642 T3

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para calentamiento por inducción de un lingote

Campo técnico

La presente invención está relacionada con un dispositivo para el calentamiento por inducción de un lingote.

Antecedentes de la técnica

El calentamiento por inducción de un lingote de material no ferromagnético se puede llevar a cabo utilizando un inductor alimentado a una frecuencia apropiada (técnica tradicional), pero este sistema no permite alcanzar niveles de rendimiento de más del 50 %. La solicitud de patente PCT W004066681 describe un dispositivo para el calentamiento por inducción de un lingote de un material metálico conductor no magnético (por ejemplo, cobre o aluminio) en el que un campo magnético producido por imanes permanentes se mueve con respecto al lingote de metal, creando corrientes inducidas que circulan dentro del material metálico conductor, calentándolo de esta manera por efecto Joule. Sin embargo, este sistema no es completamente satisfactorio para producción en serie. Lo mismo para los documentos WO2010/100082 y WO01/35702. El documento ITTO20100732A es del mismo solicitante.

Descripción de la invención

El objeto de la presente invención es el del proporcionar un dispositivo que pueda superar los inconvenientes de dispositivos conocidos, en particular uno que tenga tamaño pequeño, alta fiabilidad, instalación y costes de funcionamiento relativamente pequeños y extrema simplicidad y versatilidad.

La invención por lo tanto está relacionada con un dispositivo para el calentamiento por inducción de un lingote de un material metálico no ferromagnético que tiene conductividad eléctrica relativamente alta, que comprende: al menos un cuerpo tubular, que comprende a su vez una pluralidad de imanes permanentes dispuestos en un aro paralelos a generatrices respectivas del cuerpo tubular, espaciados angularmente entre sí y dispuestos para ser alternados con polaridades opuestas; al menos un soporte de dicho lingote adaptado para soportar, durante el uso, el lingote dispuesto dentro de dicho cuerpo tubular y orientado hacia dichos imanes; y medios impulsores para obtener, durante el uso, una rotación relativa entre el cuerpo tubular y dicho lingote con el fin de producir, debido al movimiento relativo de dichos imanes con respecto al material metálico del lingote, corrientes inducidas en dicho lingote que circulan dentro del propio lingote, obteniendo de ese modo el calentamiento del material metálico por efecto Joule; caracterizado por que comprende además un sistema de refrigeración para dichos imanes permanentes llevado integralmente por dicho cuerpo tubular y adecuado para alimentar flujos de aire de refrigeración entre imanes permanentes adyacentes.

La invención también está relacionada con un método para obtener el calentamiento por inducción de un lingote de material metálico de conductividad eléctrica relativamente alta que comprende la etapa de: llevar a cabo una rotación relativa entre dicho lingote y una pluralidad de imanes permanentes dispuestos en un aro, orientados hacia el lingote y espaciados angularmente entre sí, dispuestos para alternarse con polaridades opuestas con el fin de producir, debido al movimiento relativo de dichos imanes con respecto al material metálico, corrientes inducidas en dicho lingote que circulan dentro del propio lingote, obteniendo de ese modo el calentamiento del material metálico por efecto Joule; caracterizado por que comprende además la etapa de refrigerar dichos imanes permanentes por medio de un flujo de aire que circula entre imanes adyacentes.

Además, el soporte para el lingote comprende una carcasa hecha de material refractario adecuado para alojar dicho lingote y puede obstruir el flujo de calor desde dicho lingote calentado por efecto Joule hacia dichos imanes permanentes. En particular, esta carcasa comprende dos semienvolturas acopladas entre sí para contener el lingote.

Como alternativa, el lingote se puede soportar en sus extremos por un mecanismo adecuado. Al utilizar esta solución, la capa de material aislante, adecuado para proteger los imanes del calor transmitido por el lingote que ese está calentando, se dispone directamente alrededor de los imanes y se restringe adecuadamente para que rote integralmente con los mismos imanes.

Según un aspecto de la invención, el sistema de refrigeración comprende una pluralidad de tubos que forman parte de dicho cuerpo tubular, que tienen partes extremas abiertas y que pueden transportar dicho aire de refrigeración, cada tubo se interpone entre dos imanes permanentes adyacentes y tiene sus paredes laterales colocadas en contacto con dichos imanes permanentes.

De esta manera, se superan completamente los inconvenientes de la técnica conocida. De hecho, se limita el calor irradiado desde el lingote a los imanes permanentes. Además, en cualquier caso, la mayoría del calor es alejado por el flujo de aire de refrigeración que circula en los tubos, que preferiblemente se hacen de cobre que, así como ser un

material no magnético, también es un excelente conductor de calor. Este flujo de aire es producido por la rotación del cuerpo tubular, por medio de una serie de palas ancladas a él.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirá la invención con referencia a realizaciones no limitativas de la misma, aportadas simplemente a modo de ejemplo y con referencia a las figuras de los dibujos adjuntos, que representan realizaciones preferidas, en las que:

La figura 1 muestra, en perspectiva, un primer elemento que constituye el dispositivo según la presente invención;

La figura 2 muestra, en una perspectiva en despiece ordenado, un segundo elemento que constituye el dispositivo según la presente invención;

La figura 3 muestra, en sección transversal, el primer y segundo elementos acoplados entre sí;

La figura 4 muestra, en sección longitudinal, el dispositivo de la figura 3;

La figura 5 muestra la misma vista en sección longitudinal de la figura 4 para una primera variante del dispositivo de la figura 4;

La figura 6 muestra una segunda variante del dispositivo de la figura 4; y

La figura 7 muestra esquemáticamente una vista longitudinal en alzado de una posible variante constructiva de la invención.

Mejor manera de llevar a cabo la invención

En la figura 3, el numeral de referencia 1 indica un dispositivo para el calentamiento por inducción de un lingote 2 (véase también la figura 2) hecho de un material metálico de conductividad eléctrica relativamente alta (tal como cobre o aluminio, por ejemplo), que se debe calentar a una alta temperatura (por ejemplo, 500-600 °C) para soportar después procesos de mecanizado, por ejemplo, extrusión o prensado. En el ejemplo mostrado, el lingote 2 tiene una forma cilíndrica con una sección circular constante. No obstante, es obvio que el lingote 2 podría tener una forma diferente a la mostrada, por ejemplo, una sección cuadrada o poligonal.

El dispositivo 1 comprende un cuerpo tubular 4, no limitativo en el caso puntual mostrado con una sección sustancialmente circular (véase la figura 3 también), que tiene un eje de simetría 5 con respecto al que, durante el uso, se dispone sustancialmente coaxial al lingote 2; el cuerpo tubular 4 comprende una pluralidad de imanes permanentes alargados 7p y 7n dispuestos en un aro paralelos a generatrices respectivas del cuerpo tubular, es decir, que se extienden paralelos al eje 5, espaciados angularmente entre sí y dispuestos para alternarse con polaridades opuestas a lo largo de la superficie interior cilíndrica del cuerpo tubular 4, que ellos definen parcialmente.

El dispositivo 1 comprende además un soporte 8 para el lingote 2 que puede soportarlo, durante el uso, de manera que el lingote 2 se dispone dentro del cuerpo tubular 4 (figura 3) de modo que se oriente hacia los imanes 7p y 7n que rodean al lingote 2. En particular, en el ejemplo mostrado en la figura 2, el soporte 8 puede alojar al menos parcialmente el lingote 2 dentro de sí mismo, al menos delante de los imanes permanentes 7n y 7p y se hace de un material refractario.

También se proporciona un dispositivo de accionamiento 10 (mostrado esquemáticamente en la figura 4) que es adecuado para proporcionar rotación entre el cuerpo tubular 4 y el lingote 2 con el fin de producir, debido al movimiento relativo de los imanes 7p y 7n con respecto al material metálico de alta conductividad eléctrica, corrientes inducidas en el lingote 2 que circulan dentro del propio lingote, obteniendo de ese modo el calentamiento del material metálico por efecto Joule.

Típicamente, el cuerpo tubular 4 rota con respecto al lingote 2 (sostenido todavía por el soporte 8), comportándose como un rotor. Como se sabe, el mismo efecto se puede obtener haciendo que el lingote rote con respecto a los imanes, que se pueden mantener estacionarios.

Según la presente invención, se proporciona un sistema de refrigeración 13 para imanes permanentes 7p y 7n, llevado integralmente por el cuerpo tubular 4 y que puede alimentar flujos de aire de refrigeración entre imanes permanentes adyacentes 7p y 7n.

El sistema 13 contribuye a la refrigeración continua de los imanes, previniendo que pierdan rendimiento debido a que son calentados por radiación calórica desde el lingote 2.

Con mayor detalle (figura 3), además de los imanes dispuestos alternadamente 7p y 7n, el cuerpo tubular 4 también comprende una carcasa exterior tubular 3, hecha de un material magnético (acero por ejemplo), que internamente tiene una sección poligonal (un polígono de 16 lados en el ejemplo) e internamente aloja imanes permanentes alargados que tiene una sección trapezoidal isósceles, con la cara más grande 7m dispuesta firmemente en contacto con la carcasa 3 y la cara más pequeña 7b orientada hacia el interior del cuerpo tubular 4 y por lo tanto, durante el uso, hacia el lingote 2.

Los imanes permanentes 7n y 7p tienen polarizaciones radiales y preferiblemente se hacen de aleaciones metálicas que comprenden tierras raras tales como neodimio o samario. Como se sabe, los elementos químicos llamados tierras raras (o lantánidos) tienen nivel de electrones f (que pueden albergar hasta 14 electrones) únicamente relleno en parte. El spin de los electrones en este nivel se puede alinear fácilmente en presencia de campos magnéticos fuertes y por lo tanto es en estas situaciones en las que se utilizan los imanes constituidos por tierras raras. Las variedades más comunes de estos imanes son imanes de samario-cobalto e imanes de neodimio-hierro-boro.

El sistema de refrigeración 13 comprende una pluralidad de tubos 15 que también forman parte del cuerpo tubular 4, en este caso, llevado dentro de la carcasa 3, insertado axialmente dentro de él y alternando con los imanes permanentes 7n y 7p, y por lo tanto dispuestos paralelos al eje 5, es decir, paralelos al desarrollo longitudinal de los imanes 7n y 7p, para definir con ellos (en el caso puntual, con las caras 7b) la superficie interior del cuerpo tubular 4. Los tubos 15 tienen partes extremas opuestas 151 (figura 4) abiertas al exterior del cuerpo tubular 4, pueden establecer un flujo de aire de refrigeración; como se puede ver claramente en la figura 3, cada tubo 15 se inserta entre dos imanes permanentes adyacentes 7p y 7n y tiene sus paredes laterales dispuestas en contacto con los imanes permanentes 7p y 7n adyacentes a él. En particular, los tubos 15 también tienen una sección transversal trapezoidal, complementaria a la de los imanes 7n y 7p, para definir con ellos un aro cerrado ininterrumpido alrededor del eje 5. De esta manera, el aire que fluye en un tubo 15 ayuda a refrigerar dos imanes 7n y 7p con polaridades opuestas.

Los tubos 15 tienen convenientemente una sección trapezoidal isósceles con la cara más grande 15m dispuesta firmemente en contacto con el interior de la carcasa 3e y la cara más pequeña 15n orientada hacia el interior del cuerpo tubular 4 y entonces, durante el uso, hacia el lingote 2, y se disponen a ras con las caras 7b de los imanes permanentes 7n y 7p.

El sistema de refrigeración 13 puede ser ayudado por un ventilador 17 llevado angularmente integral con el cuerpo tubular 4 y provisto de palas 18 dispuestas a lo largo de un recorrido circular que tiene una forma y disposición de manera que las palas 18 se orientan hacia primeros extremos de los tubos 15 y transportan un flujo de aire dentro de los tubos 15 como resultado de la rotación del cuerpo tubular 4 alrededor del eje 5. De esta manera, con la rotación del cuerpo tubular 4, las palas 18 del ventilador 17 aseguran la circulación continua de aire dentro de los tubos 15.

El soporte 8 mostrado en la figura 2 comprende una carcasa hecha de material refractario (un material cerámico por ejemplo) adecuado para alojar el lingote 2 y que puede obstruir el flujo de calor desde el lingote calentado por efecto Joule hacia los imanes permanentes 7p y 7n.

Esta estratagema contribuye además a prevenir el calentamiento de los imanes.

En particular, la carcasa que define el soporte 8 tiene una forma tubular y comprende una primera semienvoltura 19a y un segunda semienvoltura 19b que se acoplan entre sí en dirección longitudinal y pueden, cuando se acoplan juntas, alojar el lingote 2.

En la realización mostrada esquemáticamente en la figura 4, el soporte 8 se conecta mediante un resalte en un extremo a un soporte vertical 20. El dispositivo de impulso 10 comprende un motor eléctrico 20m, que pone el cuerpo tubular 4 en rotación a través de una transmisión 22 (mostrada esquemáticamente). A su vez, el cuerpo tubular 4 está soportado por un soporte vertical 24 y es movible angularmente con respecto al último bajo el empuje del motor 20m.

En la realización de la figura 5, una primera parte de un lingote 2 se aloja dentro de la cavidad de un primer cuerpo tubular 4 de un primer dispositivo de calentamiento 1 equipado con una primera pluralidad de imanes 7n y 7p dispuestos en un aro de la manera ya descrita, mientras una segunda parte del mismo lingote se aloja dentro de la cavidad de un segundo cuerpo tubular 4 de un segundo dispositivo de calentamiento 1b que tiene la misma estructura que el dispositivo 1 y equipado con una segunda pluralidad de imanes 7n y 7p dispuesto en un aro de la manera ya descrita, mientras el lingote 2 está soportado de una manera obvia para un experto en el campo, por ejemplo a lo largo de la línea central, mediante un soporte 20. La variante de la figura 5 implementa por lo tanto un sistema de calentamiento complejo 100 que permite crear gradientes de temperatura en el lingote 2; este sistema 100 se puede utilizar así para calentar lingotes 2 de una manera diferenciada, haciendo que el cuerpo tubular 4 de los dispositivos 1 y 1b (que tienen motores mutuamente independientes e individualmente controlados 20m y 20m') rotan a velocidades diferentes para esta finalidad. Obviamente, al multiplicar el número de cuerpos tubulares impulsados en rotación independientemente unos de otros, es posible implementar un sistema de calentamiento que tenga cualquier número "n" de zonas diferentes de calentamiento diferenciado.

También es posible producir diferentes perfiles de calentamiento diferenciado al hacer un sistema de manipulación que implemente un movimiento alternante del lingote 2 y del cuerpo tubular 4 a lo largo del eje 5.

En la realización mostrada en la figura 6, un dispositivo 1b que en todos sentidos es idéntico al dispositivo ya descrito 1, tiene un cuerpo tubular 4 montado coaxialmente dentro de otro cuerpo tubular 30, que está soportado por una pared de soporte 31 lateral al eje 5. La rotación del cuerpo tubular 4 con respecto al cuerpo tubular 30 se proporciona por una pluralidad de apoyos 34 insertados entre los dos cuerpos tubulares por medio de técnicas conocidas. De esta manera, el proceso de calentamiento del lingote 2 se puede llevar a cabo continuamente, utilizando un soporte 8 en un material refractario, este también es tubular, y alimentando un lingote "continuo" (o en cambio, muy largo) 2 a lo largo del eje 5 y entonces, como sus partes contiguas se calientan a la temperatura deseada, alimentarlo gradualmente de una manera conocida a una máquina de extrusión, conocida y no mostrada por simplicidad.

Con referencia a la figura 7, en la que se muestra esquemáticamente una variante 1' mejorada constructivamente del dispositivo 1, el lingote 2 está soportado en sus extremos por un soporte 8'; un soporte 24' se asocia con el soporte 8'; el soporte 24' lleva una deslizadera 240, que puede deslizar paralela al eje 5 y es impulsada por pistones oportunos (no se muestran), que soporta libremente el cuerpo tubular 4 mediante apoyos oportunos y se asocia con el motor 20m que se conecta al cuerpo tubular 4 a través de la transmisión 22; el cuerpo tubular 4 tiene instalado un ventilador 17 llevado integralmente sobre la carcasa 3 y, al hacer deslizar la deslizadera 240, se puede trasladar paralelo a su eje 5 para encajarlo, durante el uso, alrededor del lingote 2 montado coaxialmente al eje 5 sobre el soporte 8', o moverlo, lateralmente al soporte 8' para permitir que el lingote 2 sea colocado sobre él y retirarlo de él.

Al utilizar esta solución, para proteger los imanes 7n y 7p formando parte del cuerpo tubular 4, el resto del cual se hace de la manera ya descrita, el cuerpo tubular 4 comprende un elemento extra, definido por una funda tubular 80 hecha de un material refractario, mica por ejemplo, interpuesto entre los imanes 7n y 7p y el eje 5. Esta funda o capa 80 de material aislante puede proteger los imanes 7n y 7p del calor transmitido por el lingote 2 que es calentado y se coloca directamente alrededor de los imanes 7n y 7p y se anclan oportunamente a ellos para rotar integralmente con ellos.

Mediante esta variante, también es posible equipar el soporte 8' con instrumentación apropiada 90, compuesta de termopares y/o pirómetros ópticos, por ejemplo.

Sobre la base de lo que se ha descrito, es evidente que por medio de los dispositivos 1, 1b, 1' o 100, es posible implementar un método para obtener el calentamiento por inducción de un lingote 2 de material metálico de conductividad eléctrica relativamente alta y de cualquier longitud, que comprende las etapas de:

- llevar a cabo una rotación relativa entre el lingote 2 y al menos una primera pluralidad de imanes permanentes 7p y 7n dispuestos en un aro orientados hacia el lingote y espaciados angularmente entre sí, dispuestos para alternarse con polaridades opuestas con el fin de producir, debido al movimiento relativo de los imanes con respecto al material metálico del lingote, corrientes inducidas en el lingote que circulan dentro del propio lingote, obteniendo así el calentamiento del material metálico por efecto Joule; y

- refrigerar los imanes permanentes 7n y 7p por medio de un flujo de aire que circula entre imanes adyacente.

Además, también es posible implementar fácilmente un método tal como el anterior, pero adaptado para obtener el calentamiento diferenciado del lingote 2 a lo largo de su eje longitudinal 5, coincidente con el de los dispositivos 1 y 1b que forman el sistema 100, que comprende las etapas de:

- preparar al menos una primera y una segunda pluralidad de imanes permanentes dispuestos en un aro y orientados hacia diferentes partes axiales del lingote; y

- hacer que al menos la primera y segunda pluralidad de imanes permanentes mencionados anteriormente dispuestos en un aro roten a velocidades diferentes con respecto al lingote.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (1; 1'; 1b; 100) para el calentamiento por inducción de un lingote (2) de material metálico que tiene conductividad eléctrica relativamente alta que comprende:

- al menos un cuerpo tubular (4) que comprende, a su vez, una pluralidad de imanes permanentes (7p y 7n) dispuestos en un aro paralelo a generatrices respectivas del cuerpo tubular, espaciados angularmente entre sí y dispuestos para ser alternados con polaridades opuestas;

- al menos un soporte (8; 8') para dicho lingote (2) adaptado para soportar, durante el uso, el lingote dispuesto dentro de dicho cuerpo tubular y orientado hacia dichos imanes; y

- medios impulsores (10) para producir, durante el uso, una rotación relativa entre el cuerpo tubular y dicho lingote con el fin de producir, debido al movimiento relativo de dichos imanes con respecto al material metálico del lingote, corrientes inducidas en dicho lingote que circulan dentro del propio lingote, obteniendo de ese modo el calentamiento del material metálico por efecto Joule; caracterizado por que comprende además un sistema de refrigeración (13) para dichos imanes permanentes (7p y 7n) llevado integralmente por dicho cuerpo tubular (4) y adaptado para alimentar flujos de aire de refrigeración entre imanes permanentes adyacentes (7p y 7n).

2. El dispositivo según la reivindicación 1, en donde dicho sistema de refrigeración comprende una pluralidad de tubos (15) que forman parte de dicho cuerpo tubular, que tienen partes extremas abiertas y adaptados para transportar dicho aire de refrigeración, cada tubo (15) se interpone entre dos imanes permanentes adyacentes (7p y 7n) y tiene sus paredes laterales colocadas en contacto con dichos imanes permanentes (7p y 7n).

3. El dispositivo según la reivindicación 2, en donde dicho sistema de refrigeración comprende además al menos un ventilador (17) llevado integralmente por el cuerpo tubular y provisto de palas dispuestas en una forma semejante a un aro a lo largo de un recorrido circular y orientadas a primeros extremos de dichos tubos, las palas de dicho ventilador aseguran la circulación de aire dentro de dichos tubos con la rotación de dicho cuerpo tubular.

4. El dispositivo según la reivindicación 2 o 3, en donde dichos tubos (15) se hacen de un material no magnético, p. ej. cobre.

5. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde los tubos (15) y los imanes permanentes tienen secciones transversales trapezoidales complementarias.

6. El dispositivo según la reivindicación 5, en donde dichos tubos se extienden en una dirección axial, es decir, paralelos a los imanes permanentes, y dichas palas se disponen en un aro a lo largo de un recorrido circular definido al alternar dichos imanes permanentes (7n y 7p) y dichos tubos (15).

7. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dichos imanes permanentes se magnetizan radialmente y se hacen de compuestos de metal, incluyendo tierras raras.

8. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicho soporte comprende una carcasa (8) hecha de material refractario adaptado para alojar al menos parcialmente dicho lingote, al menos delante de dichos imanes permanentes, para obstruir el flujo de calor de dicho lingote calentado por efecto Joule hacia dichos imanes permanentes.

9. El dispositivo según la reivindicación 8, en donde dicha carcasa comprende dos semienvolturas (19a y 19b), que se pueden acoplar entre sí para contener dicho lingote (2).

10. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde dicho soporte (8') soporta el lingote en sus extremos opuestos, coaxialmente al cuerpo tubular (4), y en donde el último comprende una funda o capa protectora (80) hecha de material refractario dispuesta alrededor de los imanes (7n y 7p), interpuesta entre los últimos y dicho eje de simetría (5) del cuerpo tubular (4) y adecuadamente fijada para rotar integralmente con los imanes (7n y 7p).

11. El dispositivo (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que una primera parte de dicho lingote (2) se aloja dentro de la cavidad de un primer cuerpo tubular (4) provisto de una primera pluralidad de imanes permanentes (7n y 7p) dispuesto en un aro, mientras al menos una segunda parte del mismo lingote se aloja dentro de la cavidad de al menos un segundo cuerpo tubular (4) provisto de una segunda pluralidad de imanes permanentes (7n y 7p) dispuestos en un aro, y medios impulsores controlables individualmente e independientes mutuamente (20m y 20m') para hacer rotar al menos el primer y segundo cuerpos tubulares a velocidades diferentes.

12. Un método para obtener el calentamiento por inducción de un lingote de material metálico de conductividad eléctrica relativamente alta que comprende la etapa de:

- llevar a cabo una rotación relativa entre dicho lingote y una pluralidad de imanes permanentes (7p y 7n) dispuestos en un aro, orientados hacia el lingote y espaciados angularmente entre sí, dispuestos para alternarse con polaridades opuestas con el fin de producir, debido al movimiento relativo de dichos imanes con respecto al material metálico del lingote, corrientes inducidas en dicho lingote que circulan dentro del propio lingote, obteniendo así el calentamiento del material metálico por efecto Joule,

caracterizado por que comprende además la etapa de refrigerar dichos imanes permanentes por medio de un flujo de aire que circula entre imanes adyacentes.

13. El método según la reivindicación 12 para obtener calentamiento diferencial de dicho lingote (2) a lo largo de un eje longitudinal (5) del mismo, caracterizado por que comprende las etapas de:

- establecer al menos una primera y una segunda pluralidad de imanes permanentes (7n y 7p) dispuestos en un aro y orientados hacia diferentes partes axiales del lingote (2); y

- hacer que dichas al menos una primera y una segunda pluralidad de imanes permanentes dispuestos en un aro (7n y 7p) roten a velocidades diferentes con respecto a dicho lingote.

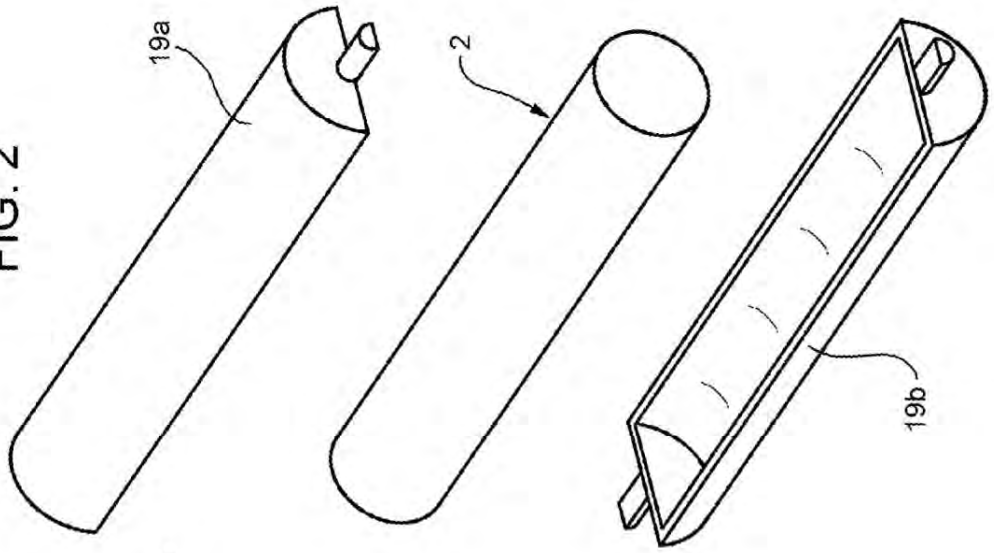


FIG. 2

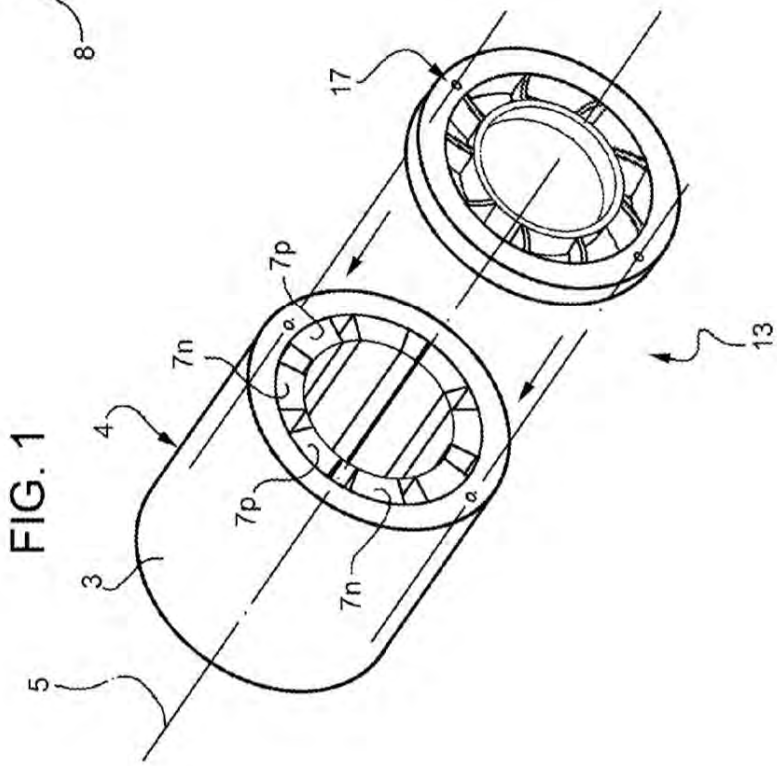


FIG. 1

FIG. 3

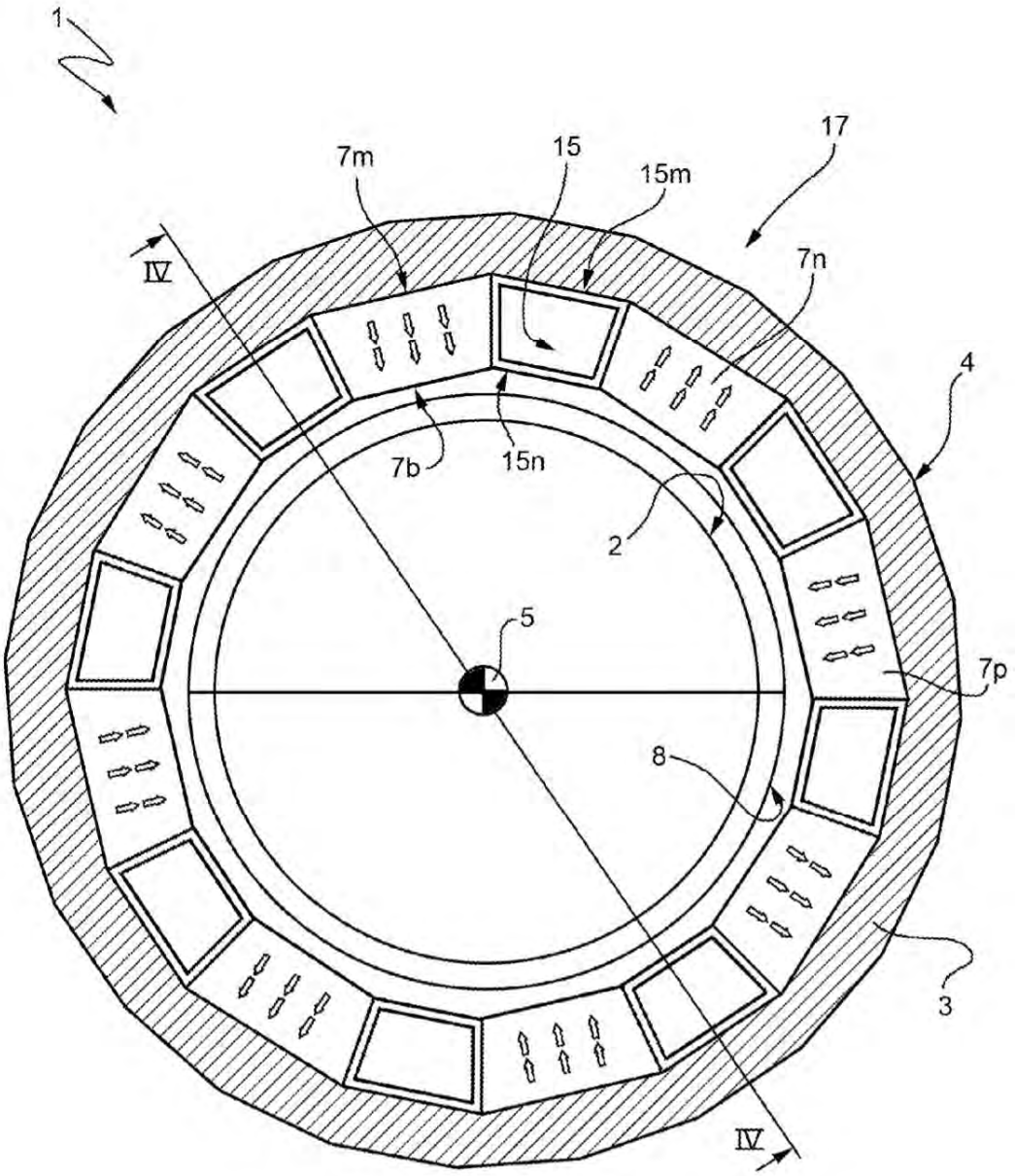


FIG. 4

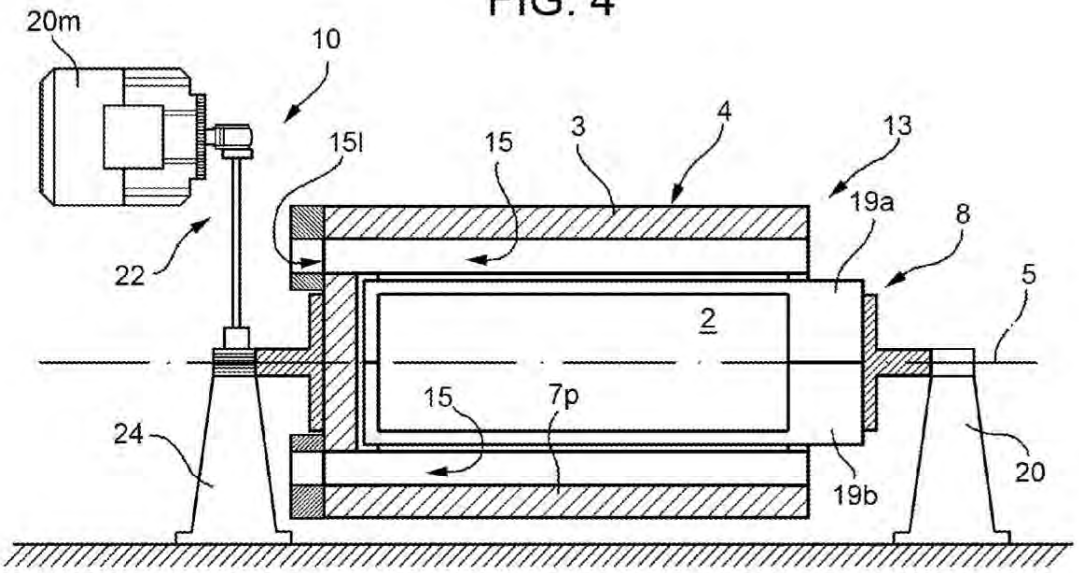
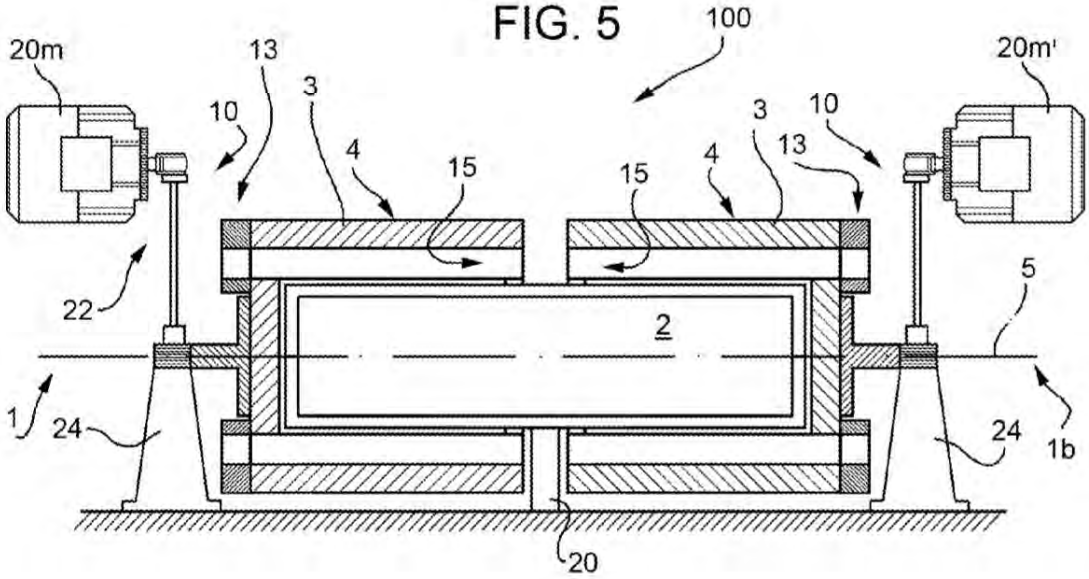

20m
10
15l
15
3
4
13
19a
8
22
5
2
15
7p
24
20
19b

FIG. 5


100
20m
13
3
10
20m'
3
10
4
15
15
4
13
22
5
2
1
24
24
1b
20

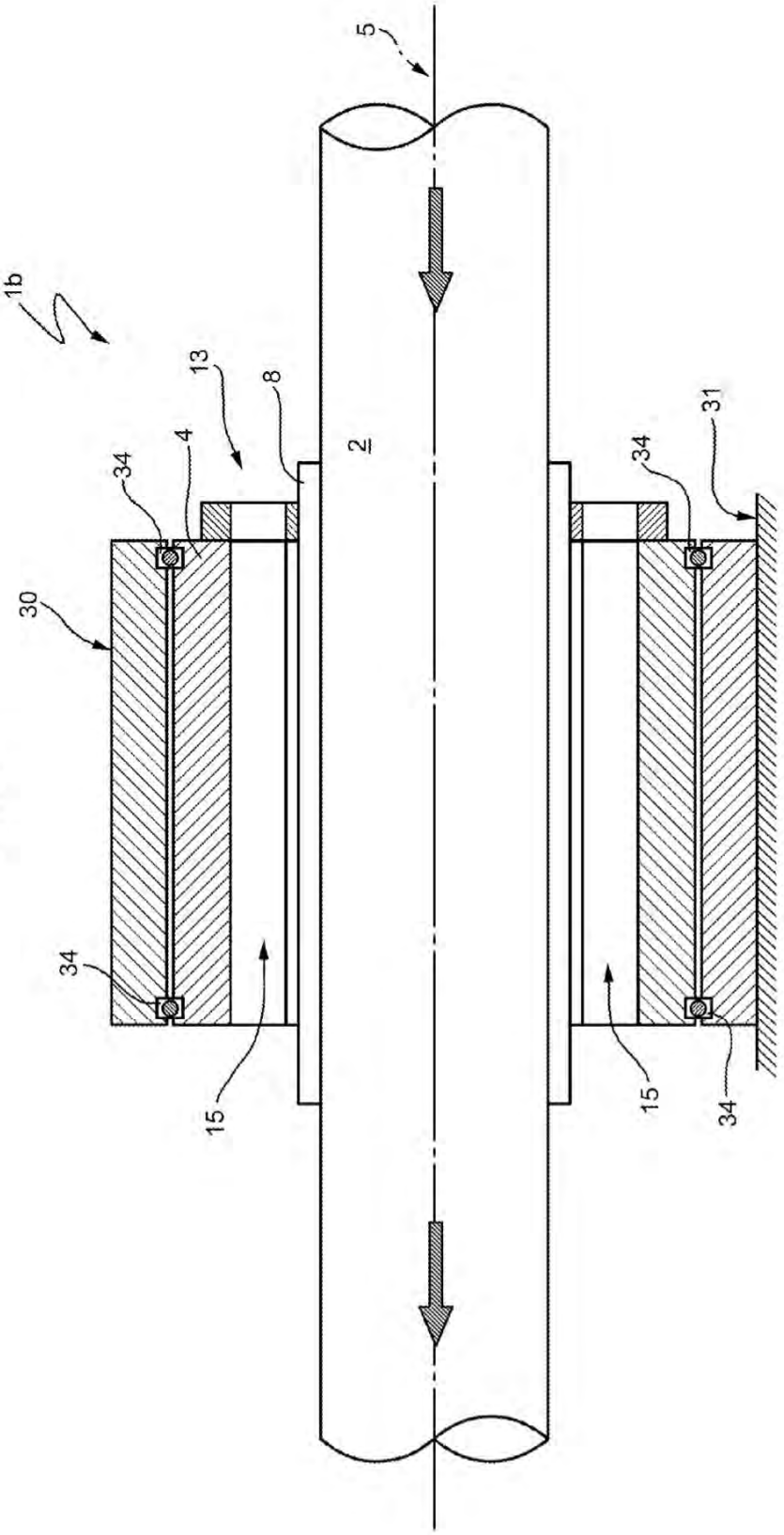


FIG. 6

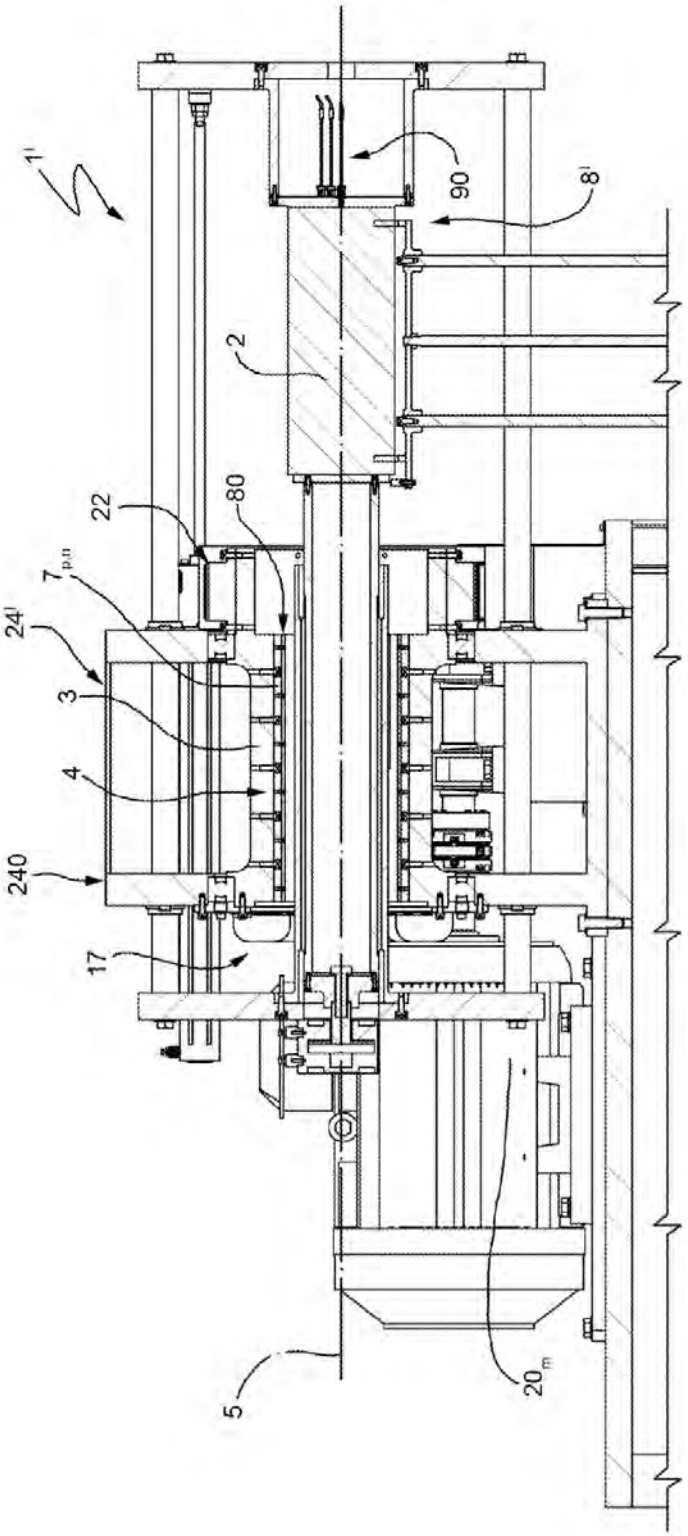


FIG. 7