

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 058**

51 Int. Cl.:

**H05B 6/44** (2006.01)

**C21D 9/30** (2006.01)

**C21D 1/10** (2006.01)

**H05B 6/36** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2010 E 10732192 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2015 EP 2387863**

54 Título: **Tratamiento térmico por inducción de piezas con formas complejas**

30 Prioridad:

**17.01.2009 US 145541 P**

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

**18.09.2015**

73 Titular/es:

**INDUCTOHEAT, INC. (100.0%)  
32251 North Avis Drive  
Madison Heights, MI 48071, US**

72 Inventor/es:

**DOYON, GARY A.;  
LOVELESS, DON L.;  
BROWN, DOUGLAS R.;  
RUDNEV, VALERY I.;  
BOUSSIE, TIMOTHY G. y  
DESMIER, GLENVILLE COLIN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 546 058 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

Tratamiento térmico por inducción de piezas con formas complejas

**Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general al tratamiento térmico por inducción de piezas de metal con formas complejas que tienen uno o más componentes con forma generalmente cilíndrica.

**Antecedentes de la invención**

El documento de patente de EE.UU. nº 6,274,857 (la patente 857), divulga un método de, y aparato para, un tratamiento térmico por inducción de piezas de formas irregulares tales como componentes seleccionados de un cigüeñal. Usando los números de referencia de, y haciendo referencia a las figuras de la patente 857, un par típico de segmentos inductores inferior y superior (107) y (109), respectivamente, que casan se ilustra en las figuras 2(a), 2(b) y 2(c) de la patente. El segmento inductor inferior está conectado a un suministro eléctrico en corriente alterna (ca) en la región (122) terminales de alimentación para formar un circuito activo de bucle en serie único a partir de un par de segmentos de bobina situados alrededor de una abertura pasante (117a). Por lo tanto, también se hace referencia al segmento inductor inferior como el segmento inductor activo. El segmento inductor superior correspondiente (figura 2(b) de la patente) es una bobina de bucle cerrado de una única vuelta, y también se puede hacer referencia a él como el segmento inductor pasivo. Al menos un par de labios de bobina, por ejemplo, labios de bobina (123a) y (123b) están formados alrededor de una abertura parcial, por ejemplo la abertura parcial (121a), en al menos uno de los segmentos de bobina. Un segundo par de labios de bobina están formados en el segmento inductor superior, por ejemplo, alrededor de la abertura parcial (121b) de forma que cuando el par de segmentos inductores inferior y superior que casan está en la posición cerrada, como se muestra en la figura 2(c) de la patente, se forma un inductor sustancialmente cerrado alrededor del componente (207) de pieza según se muestra, por ejemplo, en la figura 6(a) de la patente. El componente (207) de pieza puede ser, por ejemplo, una muñequilla de cigüeñal de un cigüeñal al cual se conectará una biela de pistón después del endurecimiento metalúrgico. La muñequilla puede ser conectada, en cualquiera de los dos extremos, a contrapesos (componentes (206) y (208) de pieza adyacentes de formas irregulares en la figura 6(b) o 6(c) de la patente). Cuando los segmentos inductores inferior y superior están en la posición cerrada y se suministra corriente alterna al segmento inductor inferior (107), se usan concentradores de flujo magnético, por ejemplo los concentradores (103a) y (103b) en la figura 2(c) de la patente, para acoplar magnéticamente el flujo creado alrededor del segmento inductor inferior causado por el flujo de corriente en el segmento inductor inferior (activo) de forma que un flujo de corriente que tiene una dirección instantánea opuesta a la del segmento inductor inferior sea inducida en el segmento inductor superior (pasivo). En la posición cerrada, un material dieléctrico (410) separa las superficies opuestas que se enfrentan de los segmentos inductores inferior y superior según se muestra en la figura 2(c) de la patente. Uno o más escudos laterales (137), según se ilustra en la figura 5(a) de la patente, se pueden proveer en uno, o ambos, lados interno y externo de un segmento de bobina alrededor de la región de bobina arqueada formada alrededor de un labio de bobina para servir como un concentrador de flujo magnético para el componente de pieza que está siendo tratado térmicamente, y como un escudo de campo magnético para los componentes de la pieza que están contiguos al componente tratado térmicamente. Mientras que lo anterior describe una espira única, bobina única para los segmentos inductores inferior y superior, la patente 857 también divulga que puede ser provista una única bobina, con dos o más espiras para alguno de los dos, o ambos, de los segmentos inductores inferior y superior para endurecer componentes de pieza individuales relativamente grandes.

El documento de patente de EE.UU. nº 6,859,125 (la patente 125), divulga una mejora del aparato y método de tratamiento térmico por inducción de piezas de formas irregulares de la patente 857. Usando los números de referencia de, y haciendo referencia a las figuras de la patente 125, el segmento inductor inferior (17) está conectado a un suministro eléctrico en corriente alterna en la región (122a) y (122b) terminales de alimentación para formar un circuito activo de bucle paralelo doble a partir de las espiras de bobina (16) y (18) según se muestra en la figura 5 de la patente. Una ranura (14) limitadora de corriente se usa para formar el circuito activo de bucle paralelo doble y proveer una distribución de corriente más uniforme a través del par de segmentos de bobina adyacentes conectados en paralelo. Al menos uno de los pares de segmentos de bobina adyacentes conectados en paralelo tiene una abertura parcial, tal como la abertura parcial (21a) en el segmento de bobina (17a) en el cual se forma una superficie de bobina arqueada. La superficie de bobina arqueada puede formarse en un par de labios de bobina que están separados cada uno de ellos por un orificio, según se muestran representativamente en la figura 5 de la patente como labios de bobina internos (23b), labios de bobina externos (23a) y orificio (31) en cada uno de los segmentos de bobina adyacentes. Los labios de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular del componente de formas irregulares, una abertura en la superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o un calentamiento selectivo del acuerdo. El segmento inductor activo (17) puede ser casado con un segmento inductor pasivo de una única espira según se divulga en la patente 125. Como alternativa, el segmento inductor activo (17) puede ser casado con un segmento inductor pasivo (19) de dos espiras según se muestra en la figura 6 de la patente, o un segmento inductor pasivo (29) en la figura 7 de la patente, el cual está dividido en dos bobinas (32) y (33) aisladas eléctricamente mediante una ranura (30) limitadora de corriente según la sección transversal. Cuando el segmento inductor activo (17) está casado con uno de los segmentos inductores pasivos, se puede calentar por inducción una pieza con los pares de labios de bobina según se describe en la patente 125.

Las patente 125 y 857 se dirigen en general a lo que se conoce como tratamiento térmico de “banda” de componentes de piezas. Por ejemplo, donde el componente 207' de pieza seleccionado a ser tratado térmicamente es la muñequilla de cigüeñal descrita previamente, generalmente se requiere un tratamiento térmico uniforme a través de la región superficial A' transversal entera de la muñequilla según se muestra en la figura 1(a) anexa a este documento, más bien que las regiones de acuerdo 207a' y 207b', las cuales comprenden las regiones de interfaz entre el componente 207' de pieza y los componentes 206' y 208' de formas irregulares adyacentes. En consecuencia, según se ilustra en la figura 1(a) y la figura 1(b) anexas a este documento, los labios de bobina (par de labios de bobina inferior 123a' y 123b' mostrados parcialmente en la figura 1(a)) de los segmentos de bobina inductores inferior y superior, 107' y 109', respectivamente, que rodean el componente de pieza 207', en combinación, forman una “banda” de calor inducido uniforme alrededor de la región superficial A' transversal entera de la muñequilla. La figura 1(a) muestra también escudos laterales 137' representativos y la figura 1(b) muestra también el dieléctrico 410' representativo que separa las superficies que se enfrenta de los segmentos de bobina inductores inferior y superior.

La patente 857 divulga realizaciones para tratar térmicamente regiones de acuerdo B', en combinación con la región superficial A' transversal entera de un componente de la pieza, mediante la formación de regiones en punta apuntadas hacia el exterior en los labios de bobina 124a' y 124b' según se muestra, por ejemplo, en la figura 2(a) anexa a este documento.

La patente 125 divulga el situar el par de labios de bobina opuestos en un par de espiras de bobina paralelas separadas mediante una ranura limitadora de corriente según la sección transversal de forma que aquellas calienten por inducción sólo las regiones B' de acuerdo entre el componente de pieza seleccionado situado entre un par de segmentos de bobina y su componente de pieza adjunto. Según se ilustra en la figura 2(b) anexa a este documento, esto se logra haciendo la ranura S limitadora de corriente según la sección transversal que está entre los segmentos, relativamente ancha – en el intervalo de 6 mm a 25 mm según se enseña por la patente 125. El primer par de labios de bobina 23a' y 23b' están en un lado de la ranura, mientras que el segundo par de labios de bobina 23c' y 23d' están en el lado opuesto de la ranura. Según se divulga en la patente 125, la ranura ancha puede ser rellena con un concentrador de flujo 138' para un mayor calentamiento por inducción directo a las regiones B' de acuerdo.

Las enseñanzas de las patentes 125 y 857 para el tratamiento térmico de sólo las regiones de acuerdo de una pieza componente, o el tratamiento térmico selectivo de las regiones de acuerdo y/o regiones seleccionadas a lo largo de la anchura transversal de la pieza componente, y el endurecimiento metalúrgico de ambas regiones de acuerdo y superficial están, en cierto modo, limitadas. Por ejemplo, donde la pieza componente es una muñequilla de cigüeñal o muñón principal que tiene un área de soporte (anchura) transversal estrecha (por ejemplo, menos de 30 mm de ancho), puede resultar un patrón C' de calentamiento “en forma de uña” según se muestra en la figura 3(a) y la figura 3(b) anexas a este documento cuando se utilizan las enseñanzas de las patentes 857 y 125, respectivamente. El patrón de calentamiento en forma de uña generalmente es no deseable debido a varios factores. Primero, un patrón de calentamiento de ese tipo desperdicia energía puesto que la profundidad de dureza en el medio debe ser apreciablemente más profunda que la necesaria para lograr una profundidad de dureza satisfactoria hacia las regiones de acuerdo. En segundo lugar, un patrón de calentamiento de ese tipo causa un aumento en la distorsión del componente calentado puesto que un aumento en la absorción de calor da como resultado una dilatación volumétrica mayor del componente. Tomando en consideración la forma de una pieza compleja, tal como un cigüeñal, la mayor dilatación del metal conduce a una distorsión de la forma correspondientemente mayor. Además, la mayor cantidad de metal calentado por encima de la temperatura de transformación de fase da como resultado un correspondiente incremento en estructuras de transformación a temperatura inferior tales como martensita, bainita inferior y otras, las cuales, a su vez, tienen densidades volumétricas diferentes comparadas con la metalurgia precalentada del componente de pieza. Esto también incrementa la distorsión de la forma/tamaño de las piezas tratadas térmicamente que tienen un patrón “en forma de uña”. Este patrón en forma de uña puede ocurrir incluso aunque haya ausencia de labios de bobina conductores eléctricamente en regiones 120' entre los labios de bobina 123a' y 123b' del circuito activo interno y externo pareados de la figura 3(a), y regiones 120'' entre la ranura S y los labios de bobina 23a'/23b' y 23c'/23d' pareados de la figura 3(b). El patrón de calentamiento en forma de uña puede ser resultado de un acoplamiento electromagnético suficiente entre los pares de labios de bobina interno y externo para crear un campo de flujo magnético suficientemente fuerte en el centro de la región transversal A<sub>1</sub>' del componente de pieza mostrado en la figura 3(a) y en el centro de las regiones transversales A<sub>2</sub>' del componente de pieza mostrado en la figura 3(b). Hay también una fuerza de campo magnético reducida en las regiones de extremo A<sub>3</sub>' transversales opuestas de las superficies de soporte debida al efecto de extremo electromagnético del inductor. Además, hay un apreciable efecto de sumidero de tratamiento térmico debido a la presencia de los contrapesos 206' y 208' de formas irregulares relativamente fríos (no calentados por inducción) situados cerca de ambos extremos del componente 207' de pieza, esto es cualquier calentamiento por inducción en regiones de extremo A<sub>3</sub>' es conducido hacia fuera desde cada región extrema transversal del componente de pieza y hacia el componente de pieza de formas irregulares adyacente. El documento de patente de EE.UU. US 2004/183637 A1 divulga un conjunto inductor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato para, y un método de, tratamiento térmico metalúrgico de componentes cilíndricos de una pieza compleja, tal como un cigüeñal.

Otro objeto de la presente invención es controlar ampliamente el endurecimiento por inducción de componentes cilíndricos de una pieza compleja a través de la anchura transversal y zonas de acuerdo de los componentes cilíndricos.

#### Breve resumen de la invención

5 La presente invención es un conjunto inductor de acuerdo con la reivindicación 1 y un método de tratar térmicamente por inducción al menos un componente sustancialmente cilíndrico de una pieza metálica de acuerdo con la reivindicación 8.

10 Un concentrador de flujo magnético intercalado entre los labios puede ser situado entre el par de labios de bobina activos interno y externo y/o pasivos interno y externo para controlar el patrón de dureza metalúrgica a través de la anchura transversal del componente de pieza.

Un concentrador de flujo magnético cruzado entre los labios puede ser situado alrededor del par de labios de bobina activos y/o pasivos para controlar el patrón de dureza metalúrgica inducida a través de la anchura transversal del componente de pieza.

15 Los parámetros eléctricos de la corriente alterna suministrada a los segmentos de bobina inductores activo y pasivo internos y externos pueden ser variados independientemente unos de otros para controlar el patrón de dureza metalúrgica inducido a través de la anchura transversal del componente de pieza.

Lo anterior y otros aspectos de la invención se describen en esta especificación y las reivindicaciones anexas.

#### Breve descripción de los dibujos

20 Los dibujos anexos, como se resume brevemente abajo, se proporcionan como ejemplo para entendimiento de la invención y no para limitar la invención como se describe mejor en esta especificación y las reivindicaciones anexas.

La figura 1(a) y la figura 1(b) ilustran el concepto de tratamiento térmico metalúrgico en banda de un componente de pieza cilíndrico, con la figura 1(a) que es una vista en sección transversal parcial según la línea A-A de la figura 1(b).

La figura 2(a) es una vista en alzado en sección transversal parcial de un aparato de la técnica anterior para tratamiento térmico de un componente de pieza cilíndrico a través de su región superficial transversal entera.

25 La figura 2(b) es una vista en alzado en sección transversal parcial de un aparato de la técnica anterior para tratamiento térmico de principalmente las regiones de acuerdo de una pieza cilíndrica.

La figura 3(a) y la figura 3(b) son vistas en sección transversal parcial de patrones de tratamiento térmico metalúrgico en forma de uña típicamente indeseables a través de la anchura transversal de un componente de pieza cilíndrico.

30 La figura 4(a) ilustra en vista isométrica un ejemplo de un segmento inductor activo usado en el conjunto inductor de la presente invención.

La figura 4(b) ilustra en vista isométrica un ejemplo de un segmento inductor pasivo usado en el conjunto inductor de la presente invención.

35 La figura 4(c) ilustra en vista isométrica un ejemplo de un conjunto inductor de la presente invención formado a partir de los segmentos inductores activo y pasivo mostrados en la figura 4(a) y la figura 4(b).

La figura 4(d) ilustra en vista en sección transversal un ejemplo de un componente de pieza situado entre pares opuestos de labios de bobina activos y pasivos.

La figura 5(a), la figura 5(b) y la figura 5(c) ilustran en vistas en sección transversal parcial ejemplos típicos del uso de concentradores de flujo magnético intercalados entre los labios de la presente invención.

40 La figura 5(a)' y la figura 5(a)'' ilustran en vistas en sección transversal parcial el montaje mostrado en la figura 5(a) con patrones de flujo de corriente instantáneos alternativos usados durante el proceso de tratamiento térmico por inducción.

La figura 6(a) y la figura 6(b) ilustran esquemáticamente dos circuitos de fuente de alimentación alternativos para suministrar corriente en fase a ambos segmentos inductores activos interno y externo.

45 La figura 7(a) y la figura 7(b) ilustran esquemáticamente dos circuitos de fuente de alimentación alternativos para suministrar corriente desfasada 180 grados a los segmentos inductores activos interno y externo.

La figura 8(a) y la figura 8(b) ilustran esquemáticamente la dirección de corriente instantánea para los segmentos inductores activos y pasivos pareados internos y externos.

La figura 9(a) ilustra gráficamente el control de fase de corriente entre corrientes en los segmentos inductores activos interno y externo.

La figura 9(b) ilustra gráficamente el control de frecuencia entre corrientes en los segmentos inductores activos interno y externo.

- 5 La figura 10(a), la figura 10(b) y la figura 10(c) ilustran gráficamente el control de desplazamiento temporal entre corrientes en los segmentos inductores activos interno y externo.

La figura 11(a) a la figura 11(d) ilustran en vista en sección transversal diferentes aplicaciones de un concentrador de flujo magnético cruzado entre los labios con el concentrador mostrado en sección transversal por la línea B-B en la figura 13(a).

- 10 La figura 12 ilustra en una vista en perspectiva un ejemplo no limitativo de un concentrador de flujo magnético intercalado entre los labios usado en la presente invención.

La figura 13(a) ilustra en una vista en perspectiva un ejemplo no limitativo de un concentrador de flujo magnético cruzado entre los labios usado en la presente invención.

- 15 La figura 13(a)' y la figura 13(a)'' ilustran controles comparados de recorridos de flujo magnético con y sin concentradores de flujo magnético cruzado entre los labios, respectivamente.

La figura 13(b) ilustra en una vista en perspectiva otro ejemplo de concentradores de flujo magnético cruzado entre los labios usado en la presente invención.

- 20 La figura 14 es el conjunto inductor mostrado en la figura 4(c) con los concentradores de flujo magnético cruzado entre los labios mostrados en la figura 13(a) embebidos alrededor de los labios de bobina del segmento inductor pasivo.

La figura 15 es el conjunto inductor mostrado en la figura 4(c) con los concentradores de flujo magnético cruzado entre los labios mostrados en la figura 13(b) embebidos alrededor de los labios de bobina del segmento inductor pasivo.

### Descripción detallada de la invención

- 25 Haciendo referencia ahora a los dibujos, en los que números iguales indican elementos iguales, hay mostrado en la figura 4(a), la figura 4(b) y la figura 4(c), un ejemplo no limitativo de conjunto inductor 10 de la presente invención que se usa para tratamiento térmico metalúrgico de al menos un componente cilíndrico que constituye una pieza metálica. El conjunto inductor 10 comprende segmento inductor activo 12 y segmento inductor pasivo 32. El segmento inductor activo está conectado a, al menos, una fuente de alimentación, mientras que el segmento inductor pasivo está acoplado magnéticamente con el segmento inductor activo y no está conectado directamente a una fuente de alimentación.

- 30 Haciendo referencia principalmente a la figura 4(a), el segmento inductor activo 12 comprende segmento inductor activo externo 14 y segmento inductor activo interno 16, los cuales están aislados eléctricamente uno del otro. El segmento inductor activo interno está situado dentro de una abertura pasante formada por el segmento inductor activo externo, la cual abertura pasante está formada interior al segmento inductor activo externo 14.

- 35 El segmento inductor activo externo 14 comprende un par de primer 14a y segundo 14b segmentos de bobina inductores activos externos, región de acoplamiento de flujo magnético 14c y regiones terminales de alimentación 14d' y 14d'', todos los cuales están interconectados alrededor de la abertura pasante 18 interior. Al menos uno de los segmentos de bobina inductores activos externos tiene al menos una abertura pasante parcial, tal como las aberturas 14a' y 14b' mostradas en la figura 4(a). La región superficial arqueada de cada abertura pasante parcial puede estar contorneada para formar un labio de bobina externo activo, tal como los labios de bobina 15a y 15b de la figura 4(a). El segmento inductor activo externo 14 puede estar conectado a la menos un circuito de fuente de alimentación en las regiones terminales de alimentación 14d' y 14d'' como se describirá mejor más abajo.

- 40 El segmento inductor activo interno 16 comprende un par de primer 16a y segundo 16b segmentos de bobina inductores activos internos, región de acoplamiento de flujo magnético 16c y regiones terminales de alimentación 16d' y 16d'', todos los cuales están interconectados alrededor de la abertura pasante 18 interior que se forma cuando el segmento de bobina inductor activo interno se sitúa dentro de la abertura pasante interior al segmento inductor activo externo. Al menos uno de los segmentos de bobina inductores activos internos tiene al menos una abertura pasante parcial, tal como las aberturas 16a' y 16b' mostradas en la figura 4(a). La región superficial arqueada de cada abertura pasante parcial puede estar contorneada para formar un labio de bobina interno activo, tal como los labios de bobina 17a y 17b de la figura 4(a). El segmento inductor activo interno 16 puede estar conectado a la menos un circuito de fuente de alimentación en las regiones terminales de alimentación 16d' y 16d'' como se describirá mejor más abajo.

Con el montaje mostrado en la figura 4(a), se forma un primer par de labios de bobina activos externos e internos

por los labios de bobina 15a y 17a, respectivamente, y un segundo para de labios de bobina activos externo e interno se forma por los labios 15b y 17b.

El aislamiento eléctrico entre los segmentos inductores activos externo e interno se logra proveyendo espacio dieléctrico 20 (mostrado en sombreado de rayado sencillo cruzado de línea discontinua en la figura 4(a)) entre los segmentos. En al menos la región entre al menos uno de los labios de bobina activos opuestos de un par de labios de bobina activos externo e interno, se provee al menos un concentrador de flujo 22 intercalado entre los labios (mostrado en sombreado de rayado sencillo cruzado de línea llena en la figura 4(a)) como se describirá mejor más abajo. El espacio dieléctrico 20 puede ser separación por aire o cualquier material dieléctrico sólido o gas adecuado.

Haciendo referencia principalmente a la figura 4(b) el segmento inductor pasivo 32 comprende segmento de bobina inductor pasivo externo 34 y segmento de bobina inductor pasivo interno 36, los cuales están aislados eléctricamente uno del otro. El segmento de bobina inductor pasivo interno está situado dentro de una abertura pasante 38, la cual está formada interior al segmento de bobina inductor pasivo externo 34.

El segmento inductor pasivo externo 34 comprende un par de primer 34a y segundo 34b segmentos de bobina inductores pasivos externos, y región de acoplamiento de flujo magnético 34c (oculta bajo el concentrador de flujo de acoplamiento 60b en la figura 4(b)), todos los cuales están interconectados alrededor de la abertura pasante 38 interior para formar un circuito eléctrico de bucle cerrado. Al menos uno de los segmentos de bobina inductores pasivos externos tiene al menos una abertura pasante parcial, tal como las aberturas 34a' y 34b', con la abertura 34a' visible en la figura 4(b). La región superficial arqueada de cada abertura pasante parcial puede estar contorneada para formar un labio de bobina externa pasiva, tal como los labios de bobina 35a y 35b, con el labio 35a visible parcialmente en la figura 4(b).

El segmento inductor pasivo interno 36 comprende un par de primer 36a y segundo 36b segmentos de bobina inductores pasivos internos y región de acoplamiento de flujo magnético 36c (oculta bajo el concentrador de flujo de acoplamiento 60d en la figura 4(b)), todos los cuales están interconectados alrededor de la abertura pasante 38 interior de volumen reducido que se forma cuando el segmento de bobina inductor pasivo interno se sitúa dentro de la abertura pasante formada interior al segmento inductor pasivo externo. Al menos uno de los segmentos de bobina inductores pasivos internos tiene al menos una abertura pasante parcial, tal como las aberturas 36a' y 36b' con la abertura 36b' visible en la figura 4(b). La región superficial arqueada de cada abertura pasante parcial puede estar contorneada para formar un labio de bobina interno pasivo, tal como los labios de bobina 37a y 37b, con el labio 37b visible parcialmente en la figura 4(b).

Con el montaje mostrado en la figura 4(b), se forma un primer par de labios de bobina pasivos externo e interno por los labios de bobina 35a y 37a, respectivamente, y se forma un segundo par de labios de bobina pasivos externo e interno por los labios 35b y 37b.

Se logra el aislamiento eléctrico entre los segmentos inductores pasivos externo e interno proveyendo espacio dieléctrico 20 (mostrado en sombreado de rayado sencillo cruzado de línea discontinua en la figura 4(b)) entre los segmentos. En al menos la región entre al menos uno de los labios de bobina opuestos de un par de labios de bobina, se provee al menos un concentrador de flujo 22 intercalado entre los labios (mostrado en sombreado de rayado sencillo cruzado de línea llena en la figura 4(b)) como se describirá mejor más abajo. El espacio dieléctrico 20 puede ser separación por aire o cualquier material dieléctrico sólido o gas adecuado.

La figura 4(c) ilustra el conjunto inductor 10 cuando los segmentos inductores activo y pasivo mostrados en la figura 4(a) y la figura 4(b) tienen sus superficies enfrentadas llevadas a un contacto próximo una con la otra mientras que mantienen aislamiento de contacto eléctrico entre las superficies enfrentadas con un dieléctrico 50 dispuesto entre las superficies enfrentadas. Las superficies enfrentadas 14f y 16f para los segmentos inductores activos externo y externo, respectivamente, están identificadas en la figura 4(a) con las superficies con flechas que designan direcciones de flujo de corriente; las superficies enfrentadas 34f y 36f para los segmentos pasivos externo e interno, respectivamente, están identificadas en la figura 4(b) como las superficies con flechas que designan direcciones de flujo de corriente. Uno o más concentradores de flujo magnético de acoplamiento se usan para formar un circuito magnético entre los segmentos inductores activo y pasivo según se ilustra mediante los concentradores de flujo magnético de acoplamiento 60a y 60b para los segmentos inductores externos activo 14 y pasivo 34, y concentradores de flujo magnético de acoplamiento 60c y 60d para los segmentos inductores internos activo 16 y pasivo 36. Cada segmento concentrador comprende un material magnético de alta permeabilidad tal como una pluralidad de hojas de acero laminado o material magnético pulverulento que comprende partículas de base hierro o/y base ferrita ligadas juntas usando un material aglutinante. Los segmentos inductores activos externo 14 e interno 16 pueden tener sus regiones terminales de alimentación, 14d'/14d'' y 16d'/16d'', respectivamente, conectadas directa o indirectamente a un circuito de fuente de alimentación, por ejemplo, mediante barras de conexión 90a/90b y 91a/91b, respectivamente, según se muestra en la figura 4(c), con dieléctrico de separación 92.

Cuando están situados apropiadamente, cada abertura parcial de un segmento inductor activo está situada generalmente como imagen especular con respecto a su abertura parcial correspondiente en el segmento inductor pasivo. Por ejemplo, para el segmento inductor activo 12 mostrado en la pieza de la figura 4(a), la abertura parcial 14a' y 16a' en los segmentos de bobina inductores externo e interno, respectivamente, están situadas generalmente

como imagen especular con respecto a las aberturas parciales 34a' y 36b' de la pieza en los segmentos de bobina inductores pasivos externo e interno que constituyen el segmento inductor pasivo 32 según se muestra en la figura 4(b) para formar una abertura generalmente circular según se muestra en la figura 4(c). Desviaciones de los segmentos inductores activo y pasivo en imagen especular se usan para algunas aplicaciones de la invención para acomodar características particulares del componente que está siendo tratado térmicamente o un componente adyacente al mismo, tal como un contrapeso. Por ejemplo, una muesca 37b' en el labio de bobina 37b (figura 4(b)) puede usarse sólo en el labio de bobina 37b pasivo y no en el labio de bobina 17b activo imagen especular para tener en cuenta un agujero taladrado radialmente en la pieza que no debe ser sobrecalentado. Haciendo referencia a la figura 4(d), con este montaje, un componente de pieza 307 cilíndrico a ser tratado térmicamente puede ser situado en la abertura generalmente circular entre los labios de bobina 15a y 17a pareados activos y los labios de bobina 35a y 37a pareados pasivos que la rodean. Los componentes de pieza 306 y 308 conectados a extremos opuestos del componente 307 representan componentes de formas irregulares que pueden ser fijados a alguno de los dos o a ambos extremos del componente 307. Si está presente, el componente 308 puede posarse en las aberturas pasantes 18 y 38, mientras que el componente 306 puede asentarse exterior al segmento de bobina inductor externo 14a. Uno o más escudos laterales 52 (ranurados o pulverulentos de base hierro o de base ferrita) pueden ser provistos opcionalmente en uno o ambos lados exteriores de un segmento de bobina inductor activo y/o pasivo alrededor de la región de bobina arqueada del segmento inductor según se muestra en la figura 4(d). Puede utilizarse un concentrador de flujo magnético 22 intercalado entre los labios como se describe mejor más abajo. Con una corriente alterna adecuada suministrada desde el circuito de fuente de alimentación a los segmentos inductores activos externo e interno, cuando el flujo de corriente alterna instantáneo ( $I_{a1}$  e  $I_{a2}$ ) en el segmento inductor activo 12 es generalmente en la dirección indicada por las flechas en la figura 4(a), el flujo de corriente alterna instantáneo inducido ( $I_{b1}$  e  $I_{b2}$ ) en el segmento inductor pasivo 32 es generalmente en la dirección opuesta indicada por las flechas en la figura 4(b), y la pieza 307 generalmente cilíndrica será tratada térmicamente por inducción cuando esté situada, por ejemplo, dentro de una abertura generalmente circular mostrada en la figura 4(c). Como se describe mejor más abajo, estas corrientes pueden ser periódicamente invertidas, desplazadas en fase y/o desplazadas en tiempo durante un proceso de tratamiento térmico con el fin de producir un patrón de endurecimiento metalúrgico deseado en el componente de pieza que está siendo tratado térmicamente.

Como se mencionó arriba, en algunos ejemplos del montaje inductor de la presente invención, se usa un concentrador de flujo magnético intercalado entre los labios para controlar el patrón de endurecimiento metalúrgico para un componente de pieza generalmente cilíndrico tratado térmicamente por inducción. La figura 5(a), la figura 5(b) y la figura 5(c) son aplicaciones representativas de concentradores de flujo magnético intercalados entre los labios de la presente invención. Por simplicidad, los diagramas en estas y otras figuras ilustran, en sección transversal parcial, la región de interfaz entre el componente de pieza 307 y el par de labios de bobina activos formado por los labios de bobina externo 15a e interno 17a; la región de interfaz entre el componente de pieza 307 y el par de labios de bobina pasivos formado por los labios de bobina externo 35a e interno 37a es preferiblemente similar, a menos que se desee un patrón de endurecimiento asimétrico alrededor del perímetro del componente 307. Un concentrador de flujo 22a intercalado entre los labios típico no limitativo se muestra en la figura 12 con un corte en sección transversal por la línea C-C según se muestra en otras figuras.

Dependiendo de las anchuras,  $w_{labio1}$  y  $w_{labio2}$  de los labios de bobina, la distancia de separación entre labios,  $d_{sep}$ , y el patrón de endurecimiento metalúrgico deseado, se pueden utilizar concentradores de flujo magnético 22a, 22b o 22c intercalados entre los labios según se muestra en las figuras 5(a), 5(b) y 5(c), respectivamente. Los concentradores de flujo intercalados entre los labios pueden rellenar una parte de, o la distancia  $d_{sep}$  total, entre los labios de bobina pareados. Los concentradores intercalados entre los labios no necesitan extenderse en la longitud,  $x_1$ , entera entre los labios de bobina pareados según se ilustra en la figura 4(d). Generalmente, los concentradores intercalados entre los labios necesitan extenderse desde las puntas transversales de los labios de bobina pareados hasta una distancia de  $x_2$  de forma que el flujo magnético generado por cada uno de los labios de bobina sea separado uno del otro en la proximidad de la superficie transversal del componente de pieza que está siendo tratado térmicamente. La presencia de un concentrador de flujo magnético intercalado entre los labios atenúa el acoplamiento electromagnético entre los labios de bobina pareados, lo cual reduce el calentamiento inducido en la región central A' (figura 5(a)) del componente de pieza 307, tal como un cojinete, que está siendo tratado térmicamente. Esto es contrastado con el montaje de la técnica anterior mostrado en la figura 3(a) y discutido arriba. La combinación de un concentrador de flujo magnético intercalado entre los labios y labios de bobina pareados es particularmente ventajosa cuando se está tratando térmicamente un componente de pieza de anchura,  $w_{wp}$ , estrecha, tal como un muñón de un cigüeñal. La selección de parámetros geométricos entre los labios se basa en el patrón de dureza metalúrgica deseado a partir de unos labios de bobina pareados para un componente de pieza dado a ser tratado térmicamente. Haciendo referencia a la figura 5(a), estos parámetros geométricos incluyen el espesor,  $t$ , la distancia del espacio de aire,  $g$ , entre el concentrador intercalado entre los labios y la superficie (de soporte) del componente de pieza tratado térmicamente, y/o las propiedades electromagnéticas del concentrador, específicamente la permeabilidad magnética y la resistividad eléctrica. Por ejemplo, el espesor,  $t$ , debe ser suficiente para impedir la saturación magnética en una aplicación particular.

En la figura 5(a) el patrón de dureza A. con un patrón de dureza de profundidad sustancialmente uniforme, a través de la anchura,  $w_{wp}$ , del componente de pieza, se logra reduciendo la densidad de potencia inducida (fuente de calor) en la mitad de la anchura del patrón de dureza mediante el control de los parámetros descritos arriba para reducir

sustancialmente la aparición de un patrón en forma de uña.

En la figura 5(b) el patrón de dureza B, con un doble lóbulo simétrico, patrón de dureza de profundidad variable a través de la anchura del componente de pieza, se logra incrementando el espesor del concentrador 22b intercalado entre los labios sobre el del concentrador 22a de la figura 5(a), reduciendo más de este modo la densidad de potencia inducida (fuente de calor) en la mitad de la anchura del patrón de dureza para la profundidad de dureza más somera mostrada en la figura 5(b).

En la figura 5(c) el patrón de dureza C, con un patrón de dureza en forma de uña doble simétrico a través de la anchura del componente de pieza, se logra incrementando más el espesor del concentrador 22c intercalado entre los labios sobre el del concentrador 22b de la figura 5(b) para eliminar el endurecimiento en la región de la mitad de la anchura según se muestra en la figura.

En general, en la transición desde los patrones de dureza mostrados en la figura 5(a) a la figura 5(c), la distancia,  $d_{sep}$ , entre los labios de bobina activos pareados es creciente y el espesor,  $t$ , del concentrador de flujo intercalado entre los labios utilizado también es creciente.

Una ventaja particular del conjunto inductor de la presente invención sobre la técnica anterior es que los parámetros de corriente eléctrica, tales como, desplazamiento de fase de corriente, frecuencia y desplazamiento de fase temporal pueden ser variadas de manera independiente, o bien solas o en combinación unas con otras, para los segmentos inductores activos externo e interno, durante alguno, o todos, de los pasos del proceso de tratamiento térmico por inducción, para controlar con precisión el patrón de endurecimiento metalúrgico a través de la anchura transversal del componente de pieza a ser calentado por inducción.

En las figuras se usa una notación convencional para indicar la dirección instantánea del flujo de corriente; esto es, un cruz en un círculo indica el flujo de corriente alterna entrando en el plano del papel y alejándose del lector y un punto en un círculo indica el flujo de corriente alterna saliendo del plano del papel (180 grados desfasado del flujo de corriente que entra en el plano del papel) y hacia el lector. Los ejemplos de la figura 5(a), la figura 5(b) y la figura 5(c) ilustran todos diferentes patrones de dureza que resultan de un flujo de corriente instantáneo en la misma dirección en ambos de los labios de bobina pareados. Esto puede lograrse, por ejemplo, utilizando el circuito de fuente de alimentación mostrado en la figura 6(a) o la figura 6(b). En la figura 6(a) se utilizan dos fuentes de alimentación, con la FUENTE DE ALIMENTACIÓN N° 1 conectada al segmento inductor activo externo y la FUENTE DE ALIMENTACIÓN N° 2 conectada al segmento inductor activo interno. Como alternativa, en la figura 6(b) se usa una única fuente de alimentación mientras que se usan circuitos conmutadores 94a y 94b para controlar el flujo de corriente instantáneo entre las mismas y opuestas direcciones instantáneas a los segmentos inductores activos externo e interno usados para controlar la corriente de salida desde la fuente de alimentación única al par de labios 15a/15b y/o par 17a/17b controlados individualmente y alimentados simultáneamente de los segmentos inductores activos externo e interno.

La figura 5(a)' representa el montaje de la figura 5(a) en el que el flujo de corriente instantáneo es en direcciones opuestas en los labios de bobina pareados. El uso del concentrador de flujo 22a intercalado entre los labios con flujos de corriente opuestos durante el proceso de endurecimiento por inducción incrementa la eficiencia eléctrica de la bobina formada a partir de los labios de bobina pareados y migra la densidad de la bobina de corriente hacia las regiones de acuerdo 307a y 307b para producir el patrón de dureza D. Esto se puede lograr, por ejemplo, utilizando el circuito de fuente de alimentación mostrado en la figura 7(a) o la figura 7(b). En la figura 7(a), se utilizan dos fuentes de alimentación, con la FUENTE DE ALIMENTACIÓN N° 1 conectada al segmento inductor activo externo y la FUENTE DE ALIMENTACIÓN N° 2 conectado al segmento inductor activo interno. Como alternativa, en la figura 7(b), se usa una fuente de alimentación única mientras que se usan circuitos conmutadores 94a y 94b para controlar la corriente de salida desde la fuente de alimentación única a los segmentos inductores activos externo e interno.

La figura 5(a)'' ilustra otra variante del resultado que se logra con el montaje de la figura 5(a) cuando el flujo de corriente instantáneo es alternado entre las mismas y opuestas direcciones instantáneas durante el proceso de endurecimiento por inducción; este método da como resultado el patrón de dureza E en donde las regiones de acuerdo y la anchura transversal entera del componente 307 son endurecidas. Esto puede lograrse, por ejemplo, alternando entre los circuitos de fuente de alimentación mostrados en la figura 6(a) y la figura 7(a), o la figura 6(b) y la figura 7(b).

En general, en la presente invención, el desplazamiento de fase,  $\alpha$ , del flujo de corriente alterna instantáneo entre los circuitos de los segmentos inductores activos externo e interno puede ser variado en cualquier sitio dentro del intervalo desde cero grados (que representa el ejemplo de arriba de la misma dirección de corriente instantánea) hasta 180 grados (que representa el ejemplo de arriba de direcciones de corriente instantáneas opuestas) según se ilustra gráficamente en la figura 9(a). El desplazamiento de fase,  $\alpha$ , puede variar en cualquier sitio desde cero a 180 grados durante una porción de uno o más ciclos de calentamiento por inducción en el proceso de endurecimiento metalúrgico dependiendo del patrón de dureza deseado a través de la anchura transversal del componente de pieza.

La variación independiente de la frecuencia,  $f$ , de la corriente en los circuitos de los segmentos inductores activos externo e interno es otro parámetro que puede ser usado para controlar el patrón de dureza a través de la anchura



transversal del componente de pieza según se representa gráficamente en la figura 9(b).

El desplazamiento de fase temporal independiente de la corriente en los circuitos de los segmentos inductores activos externo e interno es otro parámetro que puede usarse para controlar el patrón de dureza a través de la anchura transversal del componente de pieza. Como se representa gráficamente en la figura 10(b), un desplazamiento de fase temporal,  $\beta$ , puede ser usado para suministrar alternativamente corriente exclusivamente a uno de los dos circuitos de segmento inductor activo interno o externo. Como alternativa, el desplazamiento de fase temporal puede ser o bien positivo, según se muestra en la figura 10(a) con una banda de tiempo muerto durante la cual no se suministra corriente a ninguno de los dos segmentos inductores, o bien negativo, según se muestra en la figura 10(c) con una banda de solape temporal cuando la corriente es suministrada a ambos segmentos inductores.

Como se mencionó arriba, los parámetros de corriente eléctrica, tales como desplazamiento de fase de corriente, frecuencia y desplazamiento de fase temporal pueden ser variados de manera independiente, o bien solos o en combinación unos con otros, para los segmentos inductores activos externo e interno, durante alguno, o todos, de los pasos en el proceso de tratamiento térmico por inducción, para controlar el patrón de endurecimiento metalúrgico a través de la anchura transversal, e incluyendo los acuerdos, del componente de pieza a ser calentado por inducción. Adicionalmente, en algunos ejemplos de la invención, los parámetros variados a un par de labios de bobina interno y externo pueden ser variados para lograr un patrón de dureza asimétrico a través de la anchura transversal del componente de pieza, o para compensar propiedades asimétricas que tienen influencia en el proceso de tratamiento térmico por inducción a través de la anchura transversal del componente, tales como, pero no limitados a, contrapesos de formas irregulares adyacentes, geometría de un acuerdo o una abertura en la región de tratamiento térmico del componente.

En otros ejemplos de la invención, puede utilizarse un concentrador de flujo magnético cruzado entre los labios bien solo o en combinación con los concentradores de flujo intercalados entre los labios descritos arriba. La figura 11(a) ilustra representativamente el uso del concentrador de flujo magnético 23a cruzado entre los labios donde se logra el patrón de dureza en forma de uña F. El concentrador de flujo magnético cruzado entre los labios está al menos parcialmente embebido en los labios de bobina activos pareados 15a y 17a a una distancia  $x_3$  desde las puntas transversales de las bobinas activas pareadas. La distancia  $x_3$  se selecciona para reducir la longitud del recorrido de retorno del flujo magnético producido por cada uno de los labios para incrementar la eficiencia eléctrica de la bobina. El concentrador de flujo 23a cruzado entre los labios toma, generalmente, una forma arqueada según se ilustra en la figura 13(a) y "cierra" el recorrido magnético externo mientras que localiza el campo magnético externo al crear un recorrido de flujo magnético de baja impedancia preferible. Este efecto está ilustrado mediante ejemplos de líneas de flujo 80a y 80b (mostradas en líneas discontinuas) en las figuras 13(a)' y 13(b)' con y sin el compensador de flujo cruzado entre los labios, respectivamente. Hacer eso reduce las pérdidas de energía externas generadas dentro de las diversas partes conductoras eléctricas, tales como utilería o accesorios asociados con un conjunto inductor de la presente invención. La figura 14 ilustra un compensador de flujo cruzado entre los labios de tipo slot 23a insertado alrededor de los pares de labios de bobina en el segmento de bobina pasivo 32; compensadores de flujo cruzado entre los labios similares pueden ser insertados alrededor de los labios de bobina en el segmento de bobina activo 12. La figura 13(b) ilustra otro ejemplo de concentrador de flujo 23b cruzado entre los labios con forma arqueada en el que el concentrador de flujo no es un concentrador de flujo singular sino una distribución en forma de arco de elementos concentradores de flujo cilíndricos discretos según se muestra, por ejemplo, en la figura 15 alrededor de los pares de labios de bobina del segmento de bobina pasivo 32; compensadores de flujo cruzado entre los labios similares pueden insertarse alrededor de los labios de bobina del segmento de bobina activo 12 para formar una disposición de concentrador de flujo en "jaula de ardilla" alrededor de cada abertura en la cual va a ser tratado térmicamente un componente de pieza. La figura 11(b) a la figura 11(d) ilustran ejemplos de la presente invención en los que se usa una combinación de concentrador de flujo 23a cruzado entre los labios y concentrador de flujo 22 intercalado entre los labios. Aunque el compensador de flujo 23a cruzado entre los labios mostrado en la figura 11(a) a la figura 11(d) está orientado horizontalmente entre el par de labios de bobina, más generalmente un compensador de flujo cruzado entre los labios puede tener otras orientaciones y formas siempre que éste se extienda entre el par de labios de bobina. De manera similar a la descripción de arriba para los concentradores de flujo intercalados entre los labios, la dirección instantánea de los flujos de corriente indicados en la figura 11(a) a la figura 11(d) ilustran la variación de patrones de dureza F, G, H o I, respectivamente, que pueden ser logrados.

Un método no limitativo de utilizar el conjunto inductor de la presente invención es en el aparato divulgado en el documento de patente de EE.UU. nº 6,274,857 B1. También está dentro del alcance de la invención el usar el conjunto inductor de la presente invención con aparatos en los que la pieza o el conjunto inductor puedan ser rotados. Por ejemplo, se puede proveer un dispositivo motriz adecuado que comprenda un motor que tenga su árbol de salida conectado directamente, o indirectamente, a una estructura de montaje rotatoria para montaje del conjunto inductor o de la pieza. Como alternativa, tanto el conjunto inductor como la pieza pueden ser montados a dispositivos motrices separados de forma que ambos puedan ser rotados de manera independiente durante el proceso de tratamiento térmico.

Descripciones más detalladas de perfilado de labios de bobina, concentradores de flujo magnético y selección de material dieléctrico pueden encontrarse en los documentos de patente de EE.UU. nº 6,274,857 B1 y 6,859,125 B2.

Aunque están formadas dos aberturas sustancialmente cerradas en el conjunto inductor mostrado en la figura 4(c)

para tratar térmicamente dos componentes de pieza, en otros ejemplos de la invención, puede haber sólo uno, o más de dos aberturas sustancialmente cerradas en el conjunto inductor para tratar térmicamente uno o más de dos componentes de pieza.

- 5 Los ejemplos anteriores de la invención se han proporcionado meramente con el propósito de explicación y no son para ser considerados de ninguna manera como limitativos de la presente invención. Aunque la invención ha sido descrita con referencia a diferentes realizaciones, las palabras usadas en este documento son palabras de descripción e ilustración, más bien que palabras de limitaciones. Aunque la invención ha sido descrita en este documento con referencia a medios, materiales y realizaciones particulares, la invención no está destinada a ser limitada a los detalles divulgados en este documento; antes bien, la invención se extiende a todas las estructuras,
- 10 métodos y usos funcionalmente equivalentes. Los expertos en la técnica, que tienen el beneficio de las enseñanzas de esta especificación, pueden efectuar numerosas modificaciones a la misma, y pueden hacerse cambios sin salir del alcance de la invención en sus aspectos.

## REIVINDICACIONES

1.- Un conjunto inductor (10) para calentar al menos un componente sustancialmente cilíndrico de una pieza metálica, estando formado el conjunto inductor por un segmento inductor activo (12) y un segmento inductor pasivo (32), teniendo los segmentos inductores activo y pasivo (12, 32) medios (60a, 60b, 60c, 60d) para acoplar magnéticamente al segmento inductor pasivo (32) una corriente alterna de alta frecuencia suministrada al segmento inductor activo (12), al menos una abertura sustancialmente cerrada formada parcialmente en el segmento inductor activo (12) y parcialmente en el segmento inductor pasivo (32) para colocación del al menos un componente sustancialmente cilíndrico, el campo magnético generado por los segmentos inductores activo y pasivo (12, 32) en respuesta a la excitación por la corriente alterna de alta frecuencia, en el que

el segmento inductor activo (12) comprende, además:

un segmento inductor activo externo (14) formado alrededor de una abertura pasante del segmento inductor activo externo;

un segmento inductor activo interno (16) dispuesto dentro de la abertura pasante del segmento inductor activo externo y separado del segmento inductor activo externo (14) mediante un espacio dieléctrico (20) aislante eléctricamente;

una abertura pasante (18) inductora activa formada dentro del segmento inductor activo interno (16), formando la abertura pasante inductora activa (18) unos primer externo (14a) y primer interno (16a) segmentos de bobina inductores activos adyacentes y unos segundo externo (14b) y segundo interno (16b) segmentos de bobina inductores activos adyacentes, estando dispuestos los primer externo (14a) y primer interno (16a) segmentos de bobina inductores activos adyacentes y los segundo externo (14b) y segundo interno (16b) segmentos de bobina inductores activos adyacentes en lados opuestos de la abertura pasante inductora activa (18); y

al menos un par adyacente de aberturas de segmento inductor parciales activas (16a', 16b') generalmente alineadas formadas de la combinación de una primera abertura parcial activa en cada uno de los primer externo (14a) y primer interno (16a) segmentos de bobina inductores activos adyacentes, o la combinación de una abertura parcial activa en cada uno de los segundo externo (14b) y segundo interno (16b) segmentos de bobina inductores activos adyacentes, teniendo cada una de las primeras aberturas parciales activas de los primer externo (14a) y primer interno (16a) segmentos de bobina inductores activos adyacentes o cada una de las segundas aberturas parciales activas de los segundo externo (14b) y segundo interno (16b) segmentos de bobina inductores activos adyacentes, una superficie de bobina arqueada de segmento inductor activo (15a, 17a, 15b, 17b) que intersecan respectivamente con una superficie (14f, 16f) enfrentada de segmento de bobina activo externo e interno; y

el segmento inductor pasivo (32) que comprende, además:

un segmento inductor pasivo externo (34) formado alrededor de una abertura pasante del segmento inductor pasivo externo;

un segmento inductor pasivo interno (36) dispuesto dentro de la abertura pasante del segmento inductor pasivo externo y separado del segmento inductor pasivo externo (34) mediante un espacio dieléctrico (20) aislante eléctricamente;

una abertura pasante inductora pasiva (38) formada dentro del segmento inductor pasivo interno (36), formando la abertura pasante inductora pasiva (38) unos primer externo (34a) y primer interno (36a) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes y unos segundo externo (34b) y segundo interno (36b) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes, estando dispuestos los primer externo (34a) y primer interno (36a) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes y los segundo externo (34b) y segundo interno (36b) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes en lados opuestos de la abertura pasante inductora pasiva (38); y

al menos un par adyacente de aberturas de segmento inductor parciales pasivas (36a', 36b') generalmente alineadas formadas de la combinación de una primera abertura parcial pasiva de cada uno de los primer externo (34a) y primer interno (36a) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes, o la combinación de una segunda abertura pasiva en cada uno de los segundo externo (34b) y segundo interno (36b) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes, teniendo cada una de las primeras aberturas parciales pasivas de los primer externo (34a) y primer interno (36a) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes o cada una de las segundas aberturas parciales pasivas de los segundo externo (34b) y segundo interno (36b) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes una superficie de bobina arqueada de segmento inductor pasivo que intersecan respectivamente con una superficie (34f, 36f) enfrentada de segmento de bobina pasivo externo e interno, formando los pares de los al menos un par adyacente de aberturas de segmento inductor parciales activas (16a', 16b') y pasivas (36a', 36b') generalmente alineadas la al menos una abertura sustancialmente cerrada cuando las superficies

enfrentadas de segmento de bobina activo externa (14f) e interna (16f) se enfrentan con las superficies enfrentadas de segmento de bobina pasivo externa (34f) e interna (36f) con las superficies enfrentadas de segmento de bobina activo externa (14f) e interna (16f) aisladas eléctricamente de las superficies enfrentadas de segmento de bobina pasivo externa (34f) e interna (36f);

5 estando caracterizado el conjunto inductor por que el segmento inductor activo externo (14) y el segmento inductor activo interno (16) están aislados eléctricamente uno del otro.

10 2.- Un conjunto inductor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las superficies de bobina arqueadas inductoras activas (15a, 17a; 15b, 17b) o pasivas (35a, 37a; 35b, 37b) de al menos uno del al menos un par adyacente de aberturas de segmento inductor parciales activas (16a', 16b') o pasivas (36a', 36b') generalmente alineadas son un par de labios de bobina contorneados.

15 3.- Un conjunto inductor de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el par de labios de bobina contorneados está perfilado para compensar: la masa irregular de un componente de formas irregulares adyacente a el al menos un componente sustancialmente cilíndrico colocado en la al menos una abertura sustancialmente cerrada; una abertura en la superficie del al menos un componente sustancialmente cilíndrico colocado en la al menos una abertura sustancialmente cerrada; o un calentamiento de una región de acuerdo entre el componente de formas irregulares y el al menos un componente sustancialmente cilíndrico colocado en la al menos una abertura sustancialmente cerrada.

4.- Un conjunto inductor de acuerdo con la reivindicación 2, que incluye al menos un concentrador de flujo (22) intercalado entre los labios dispuesto entre los lados opuestos del par de labios de bobina contorneado.

20 5.- Un conjunto inductor de acuerdo con la reivindicación 2, que incluye al menos un concentrador de flujo (23a) cruzado entre los labios, estando el al menos un concentrador de flujo cruzado entre los labios embebido parcialmente en cada uno de los pares de labios de bobina contorneados a una distancia desviada de las puntas del par de labios de bobina contorneado.

25 6.- Un conjunto inductor de acuerdo con la reivindicación 2, que incluye al menos un concentrador de flujo (22) intercalado entre los labios dispuesto entre los lados opuestos del par de labios de bobina contorneado y al menos un concentrador de flujo (23a) cruzado entre los labios, estando el al menos un concentrador de flujo cruzado entre los labios embebido parcialmente en cada uno de los pares de labios de bobina contorneado a una distancia desviada de las puntas del par de labios de bobina contorneado.

30 7.- Un conjunto inductor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que incluye un dispositivo motriz para rotar el conjunto inductor (10) o la pieza metálica mientras que el al menos un componente sustancialmente cilíndrico está situado en la al menos una abertura sustancialmente cerrada.

8.- Un método de calentar al menos un componente sustancialmente cilíndrico de una pieza de metal, comprendiendo el método los pasos de:

35 formar una abertura sustancialmente cerrada alrededor de la longitud axial del al menos un componente sustancialmente cilíndrico en donde la abertura sustancialmente cerrada está formada parcialmente en un segmento inductor activo (12) y parcialmente en un segmento inductor pasivo (32), comprendiendo el segmento inductor activo (12):

un segmento inductor activo externo (14) formado alrededor de una abertura pasante del segmento inductor activo externo;

40 un segmento inductor activo interno (16) dispuesto dentro de la abertura pasante del segmento inductor activo externo y separado del segmento inductor activo externo mediante un espacio dieléctrico (20) aislante eléctricamente; estando el segmento inductor activo externo (14) y el segmento inductor activo interno (16) aislados eléctricamente uno del otro;

45 una abertura pasante (18) inductora activa formada dentro del segmento inductor activo interno (16), formando la abertura pasante inductora activa (18) unos primer externo (14a) y primer interno (16a) segmentos de bobina inductores activos adyacentes y unos segundo externo (14b) y segundo interno (16b) segmentos de bobina inductores activos adyacentes, estando dispuestos los primer externo (14a) y primer interno (16a) segmentos de bobina inductores activos adyacentes y los segundo externo (14b) y segundo interno (16b) segmentos de bobina inductores activos adyacentes en lados opuestos de la abertura pasante inductora activa (18); y

50 al menos un par adyacente de aberturas de segmento inductor parciales activas (16a', 16b') generalmente alineadas formadas de la combinación de una primera abertura parcial activa en cada uno de los primer externo (14a) y primer interno (16a) segmentos de bobina inductores activos adyacentes, o la combinación de una segunda abertura parcial activa en cada uno de los segundo externo (14b) y segundo interno (16b) segmentos de bobina inductores activos adyacentes, teniendo cada una de las primeras aberturas parciales

55

activas de los primer externo (14a) y primer interno (16a) segmentos de bobina inductores activos adyacentes o cada una de las segundas aberturas parciales activas de los segundo externo (14b) y segundo interno (16b) segmentos de bobina inductores activos adyacentes una superficie de bobina arqueada de segmento inductor activo (15a, 17a, 15b, 17b) contorneada como un labio de bobina activo que se intersecan respectivamente con una superficie (14f, 16f) enfrentada de segmento de bobina activo externa (14f) e interna (16f);

comprendiendo el segmento inductor pasivo (32):

un segmento inductor pasivo externo (34) formado alrededor de una abertura pasante del segmento inductor pasivo externo;

un segmento inductor pasivo interno (36) dispuesto dentro de la abertura pasante del segmento inductor pasivo externo y separado del segmento inductor pasivo externo (34) mediante un espacio dieléctrico (20) aislante eléctricamente;

una abertura pasante inductora pasiva (38) formada dentro del segmento inductor pasivo interno (36), formando la abertura pasante inductora pasiva (38) unos primer externo (34a) y primer interno (36a) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes y unos segundo externo (34b) y segundo interno (36b) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes, estando dispuestos los primer externo (34a) y primer interno (36a) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes y los segundo externo (34b) y segundo interno (36b) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes en lados opuestos de la abertura pasante inductora pasiva (38); y

al menos un par adyacente de aberturas de segmento inductor parciales pasivas (36a', 36b') generalmente alineadas formadas de la combinación de una primera abertura parcial pasiva en cada uno de los primer externo (34a) y primer interno (36a) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes, o la combinación de una segunda abertura pasiva en cada uno de los segundo externo (34b) y segundo interno (36b) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes, teniendo cada una de las primeras aberturas parciales pasivas de los primer externo (34a) y primer interno (36a) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes o cada una de las segundas aberturas parciales pasivas de los segundo externo (34b) y segundo interno (16b) segmentos de bobina inductores pasivos adyacentes, una superficie de bobina arqueada de segmento inductor pasivo contorneada como un labio de bobina pasivo que intersecan respectivamente con una superficie (34f, 36f) enfrentada de segmento de bobina pasivo externo e interno, formando los pares de los al menos un par adyacente de aberturas de segmento inductor parciales activas (16a', 16b') y pasivas (36a', 36b') generalmente alineadas la al menos una abertura sustancialmente cerrada cuando las superficies enfrentadas de segmento de bobina activas externa (14f) e interna (16f) se enfrentan con las superficies enfrentadas de segmento de bobina pasivas externa (34f) e interna (16f) con las superficies enfrentadas de segmento de bobina activas externa e interna aisladas eléctricamente de las superficies enfrentadas de segmento de bobina pasivas externa e interna;

suministrar una primera corriente alterna al segmento inductor activo externo (14);

suministrar una segunda corriente alterna al segmento inductor activo interno (16);

acoplar magnéticamente los segmentos inductores activo externo (14) y pasivo externo (34) de forma que se establezca un primer campo de flujo magnético al menos alrededor de los labios de bobina activos y pasivos formados respectivamente en los segmentos inductores activo externo (14) y pasivo externo (34); y

acoplar magnéticamente los segmentos inductores activo interno (16) y pasivo interno (36) de forma que se establezca un segundo campo de flujo magnético al menos alrededor de los labios de bobina activos y pasivos formados respectivamente en los segmentos inductores activo interno (16) y pasivo interno (36).

9.- Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que al menos la relación de fase entre las primera y segunda corrientes alternas, o la frecuencia de las primera y segunda corrientes alternas, o el ajuste de fase temporal entre las primera y segunda corrientes alternas es variado mientras se calienta por inducción el al menos un componente sustancialmente cilíndrico en la abertura sustancialmente cerrada.

10.- Un método de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, que incluye el paso de rotar o bien el segmento inductor activo (12) y el segmento inductor pasivo (14) o la pieza metálica mientras se calienta por inducción el al menos un componente sustancialmente cilíndrico en la abertura sustancialmente cerrada.

11.- Un método de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que al menos un concentrador de flujo (22) intercalado entre los labios está situado entre los lados opuestos de al menos un par de labios de bobina.

12.- Un método de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que al menos un concentrador de flujo (23a) cruzado entre los labios, está embebido en los lados opuestos de al menos un par de labios de bobina a una distancia desviada de las puntas del al menos un par de labios de bobina.

13.- Un método de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que al menos un concentrador de flujo (22) intercalado entre los labios está situado entre los lados opuestos de al menos un par de labios de bobina y al menos un concentrador de flujo cruzado entre los labios está embebido en los lados opuestos de al menos un par de labios de bobina a una distancia desviada de las puntas del al menos un par de labios de bobina.

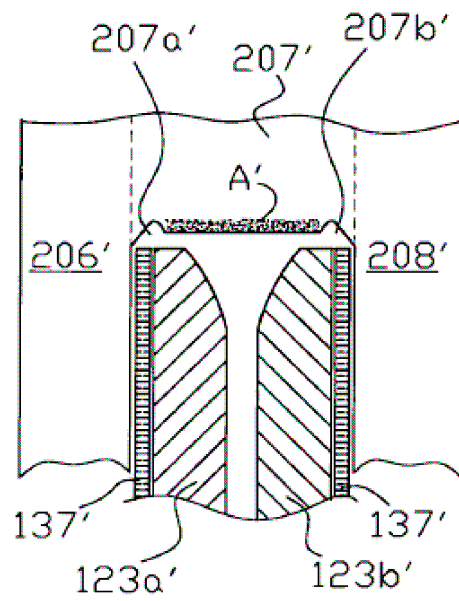


FIG. 1(a)

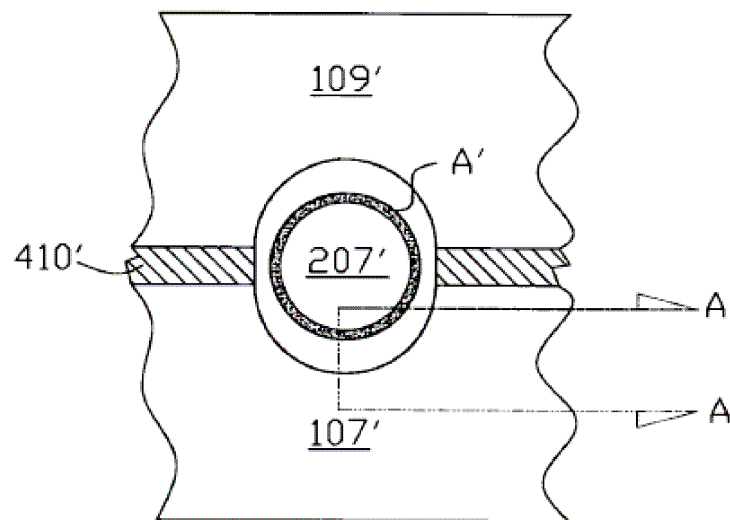


FIG. 1(b)

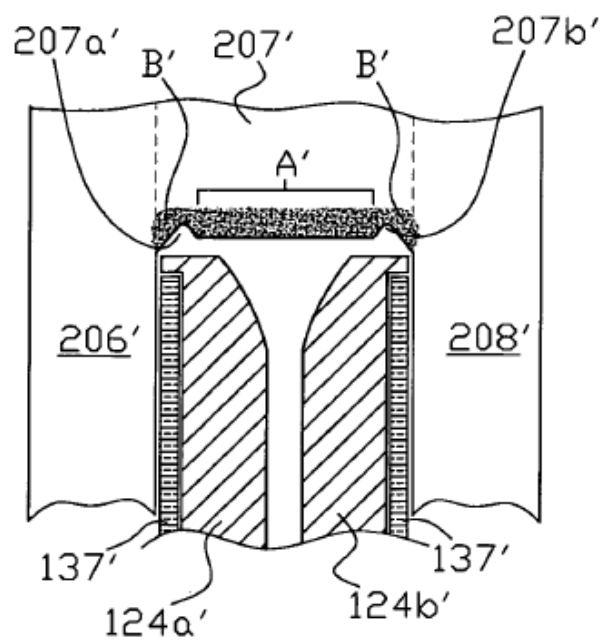


FIG. 2(a)

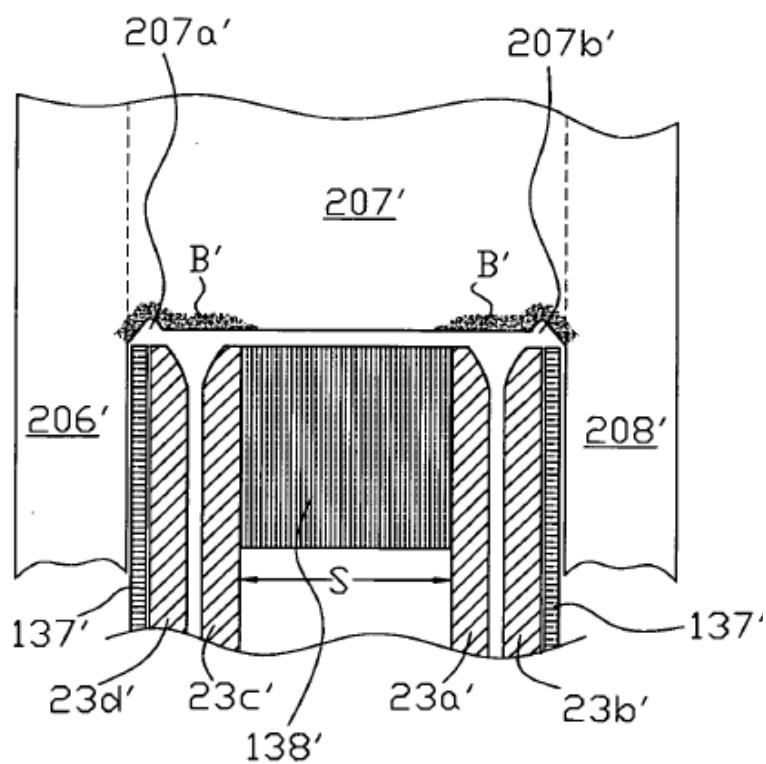


FIG. 2(b)



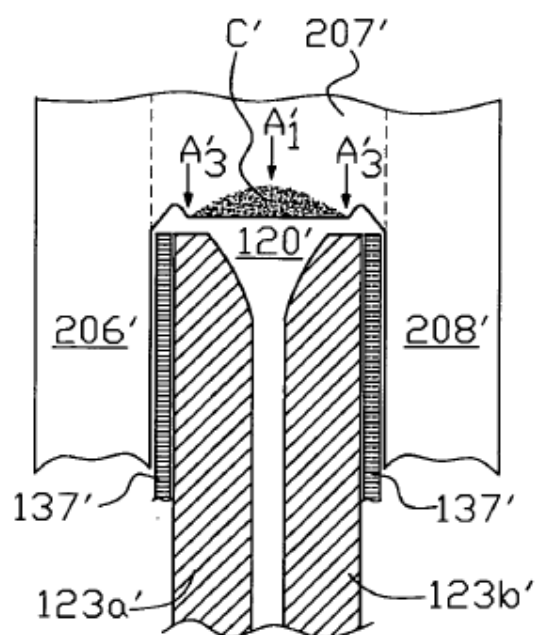


FIG. 3(a)

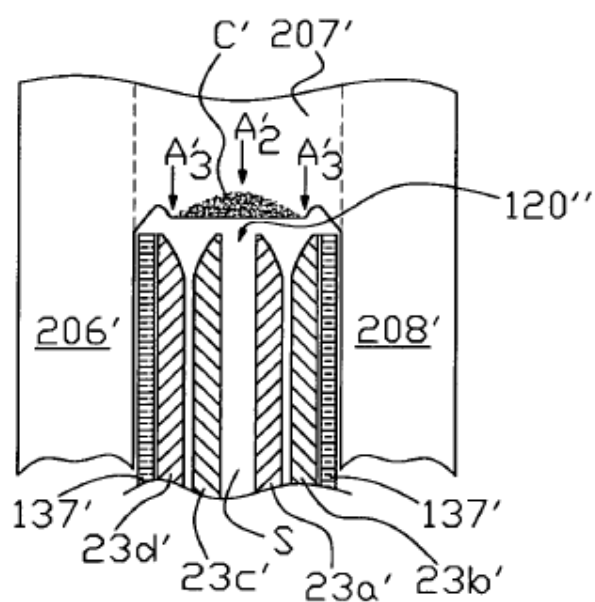


FIG. 3(b)

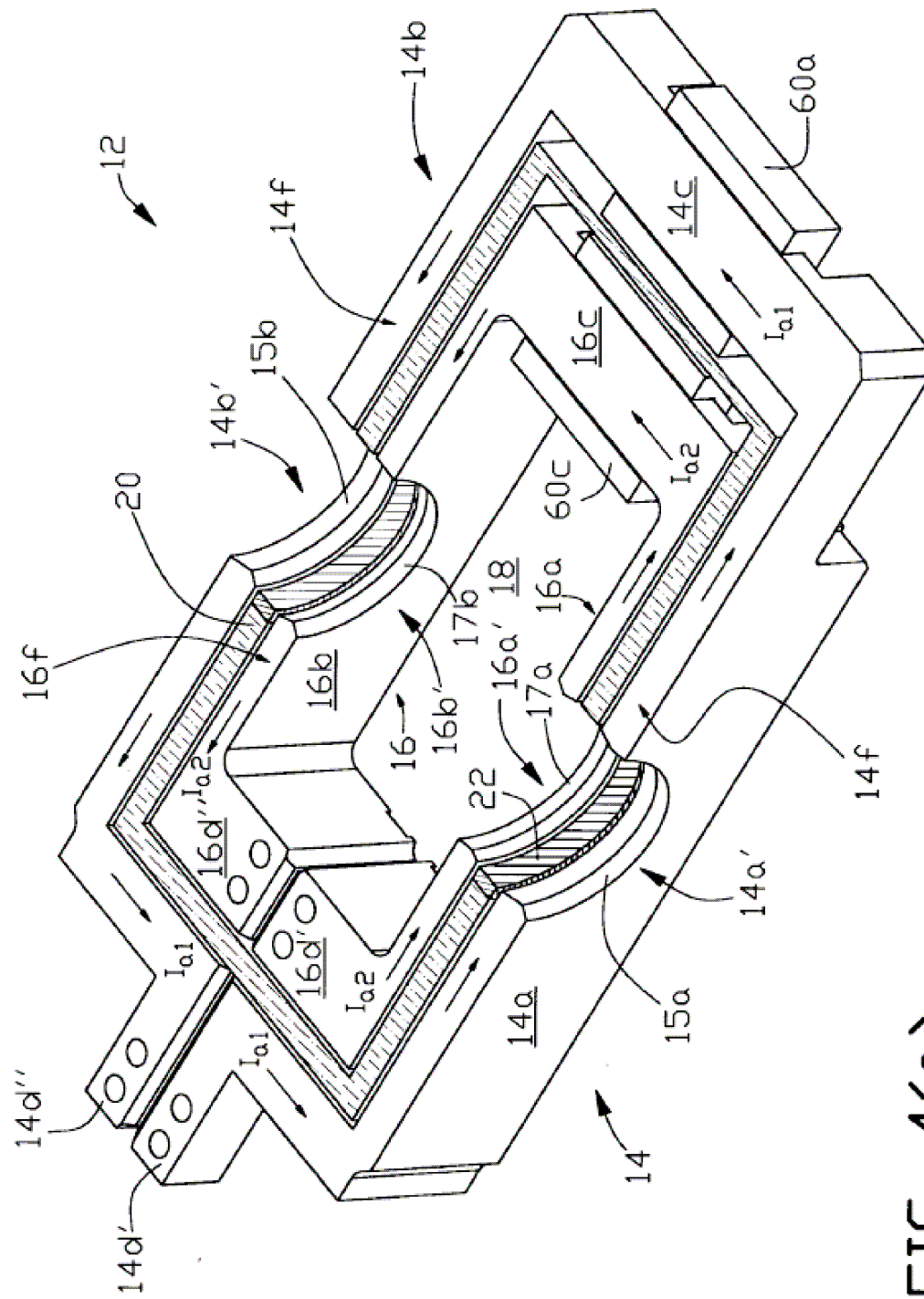
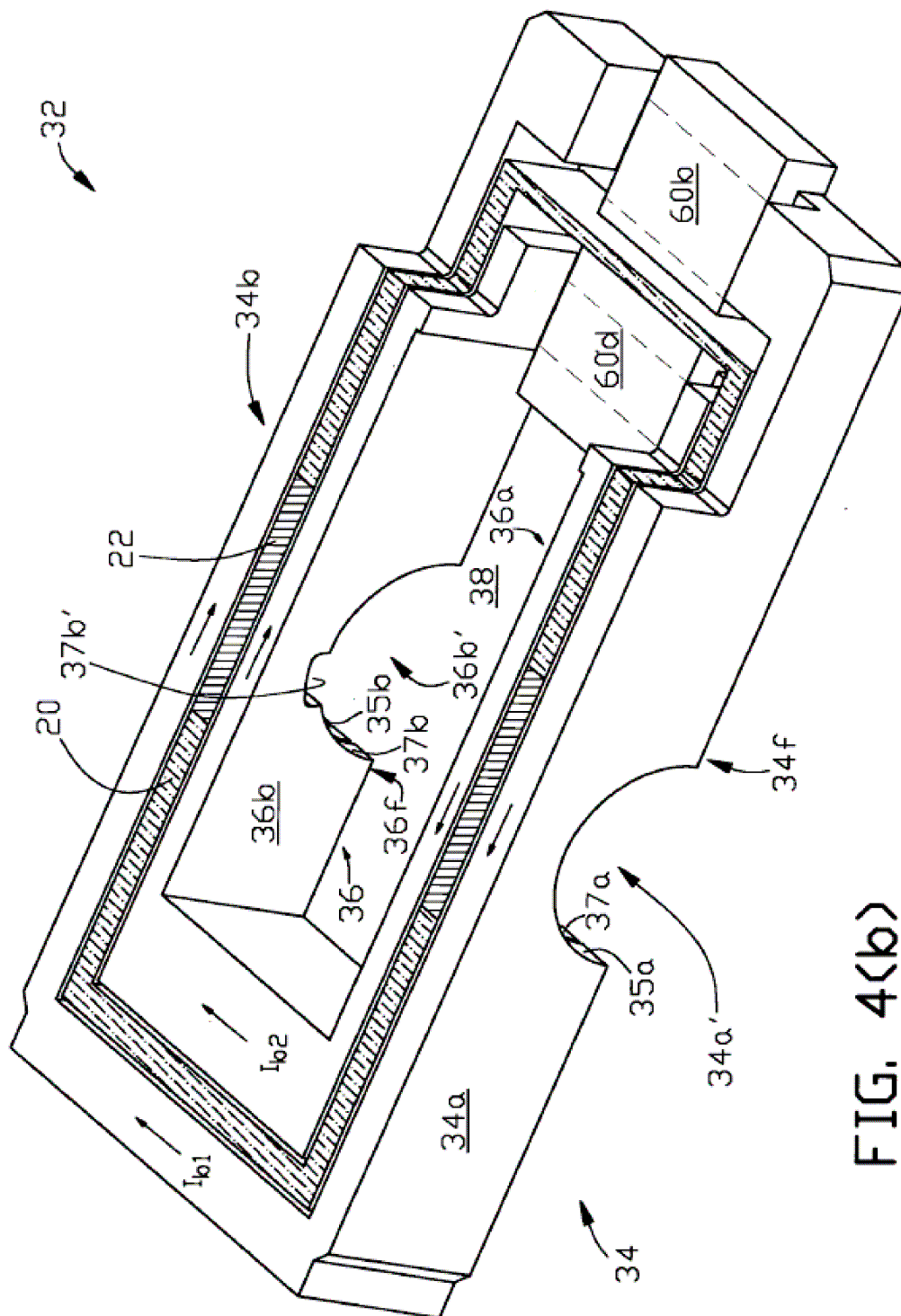


FIG. 4(a)



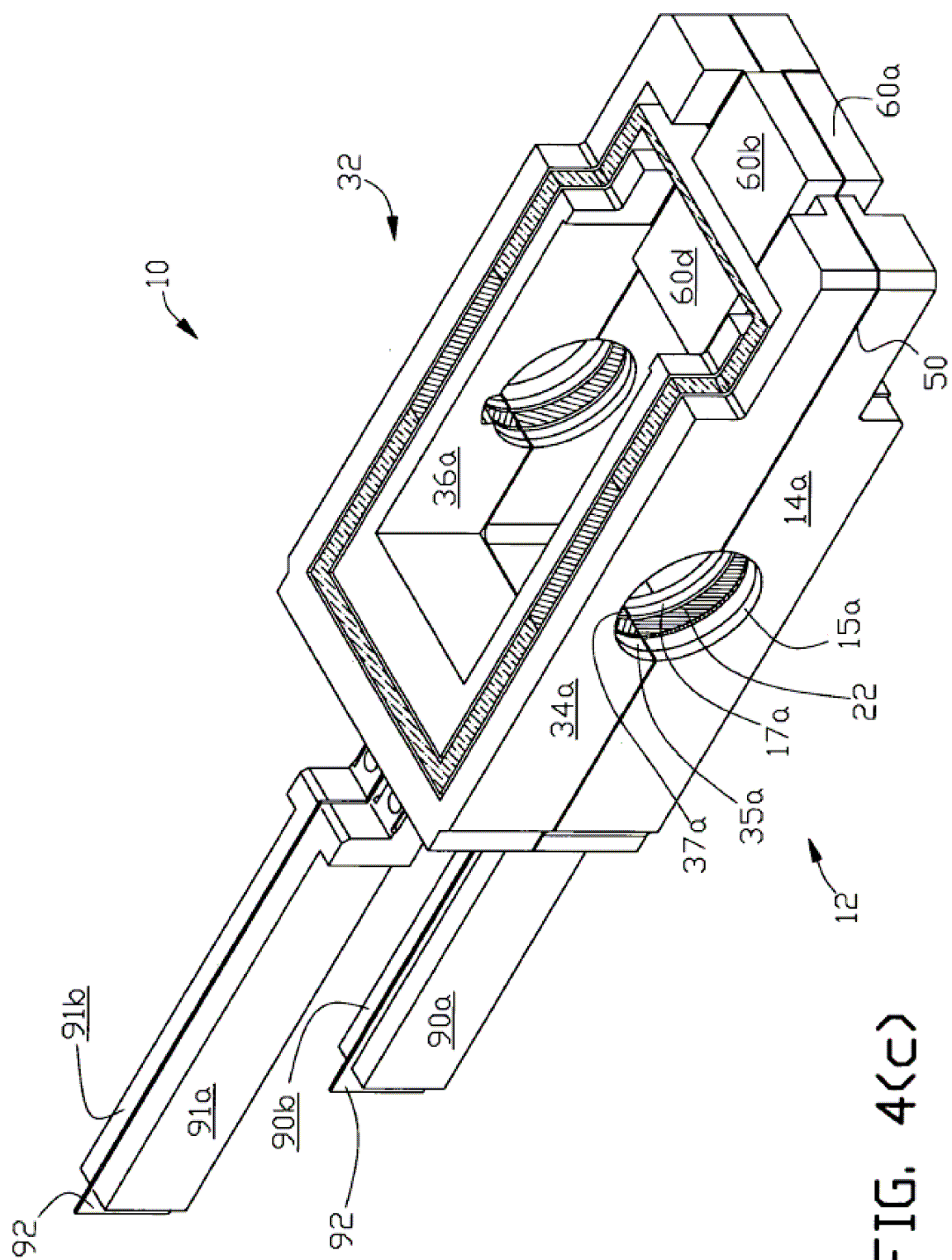


FIG. 4(c)

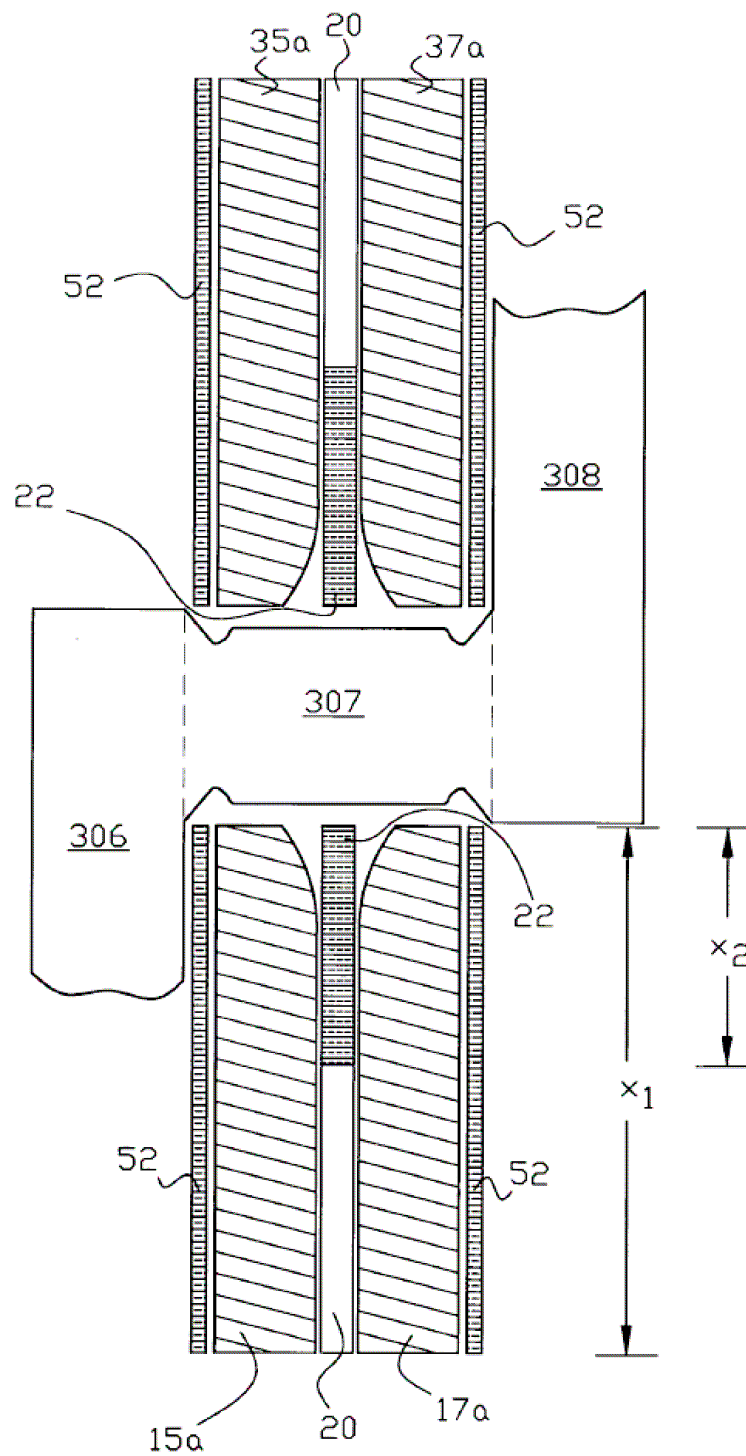


FIG. 4(d)

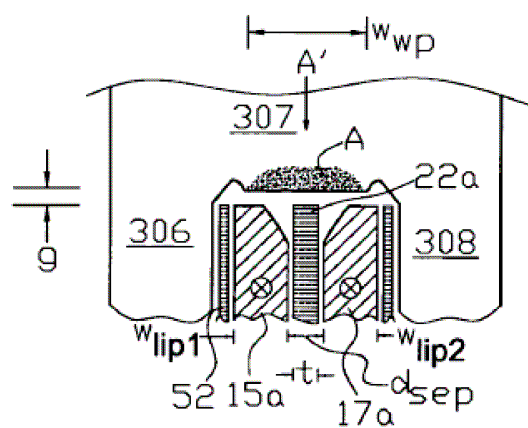


FIG. 5(a)

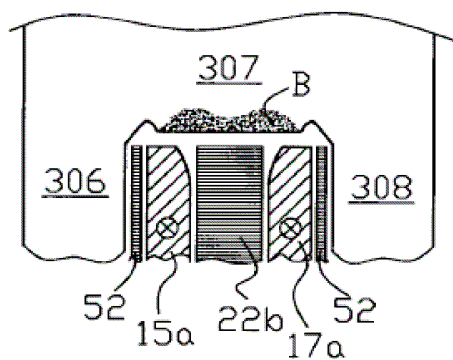


FIG. 5(b)

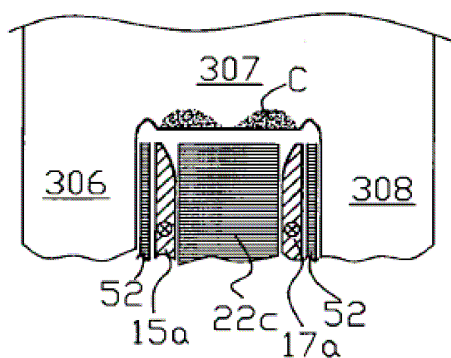


FIG. 5(c)

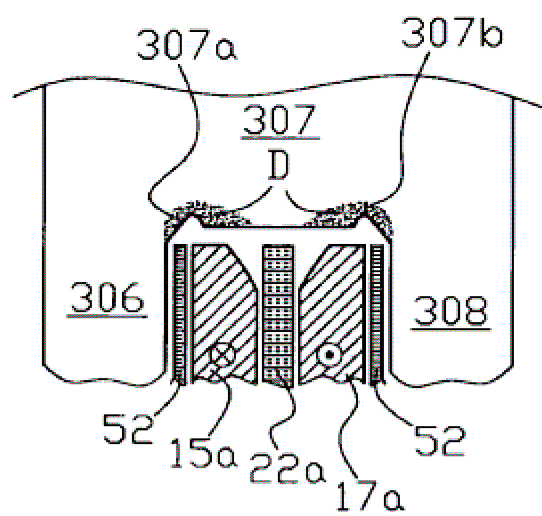


FIG. 5(a)'

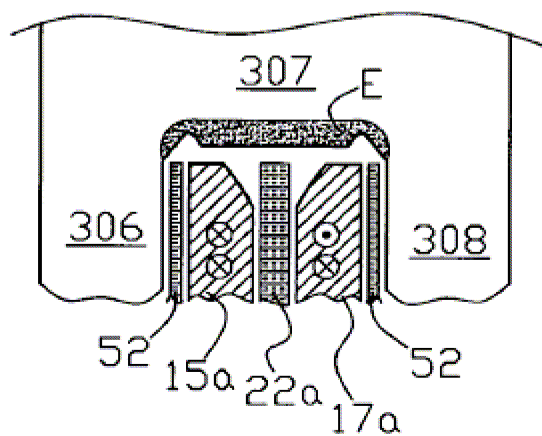
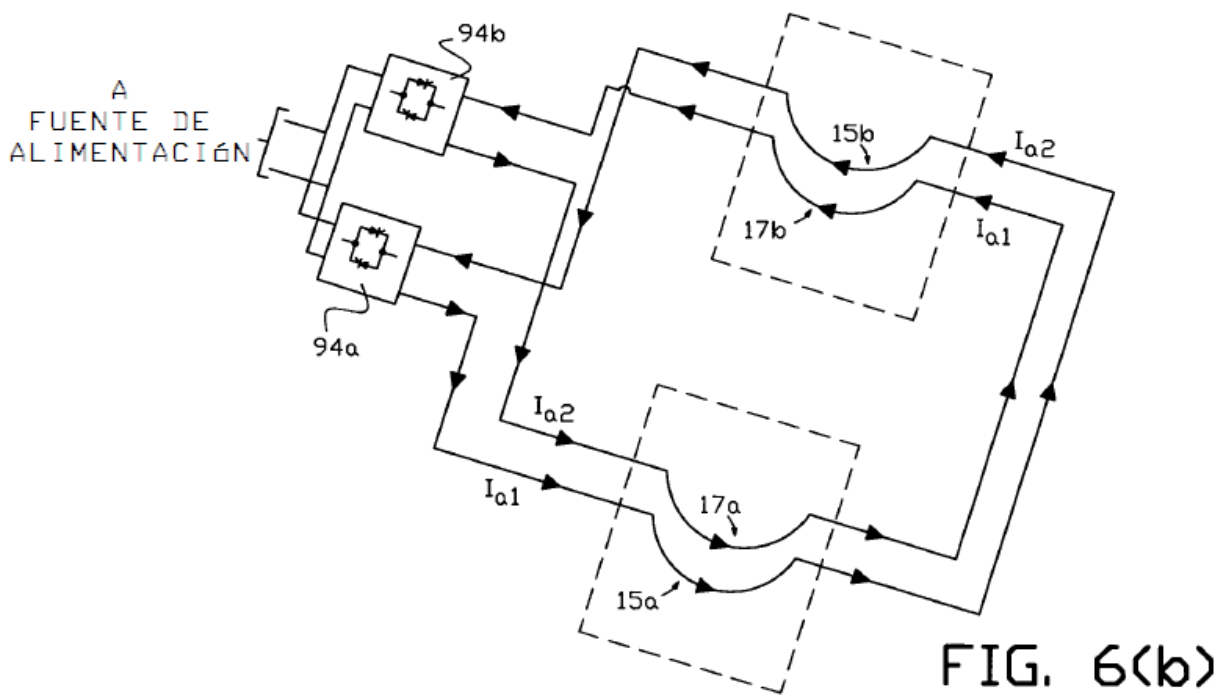
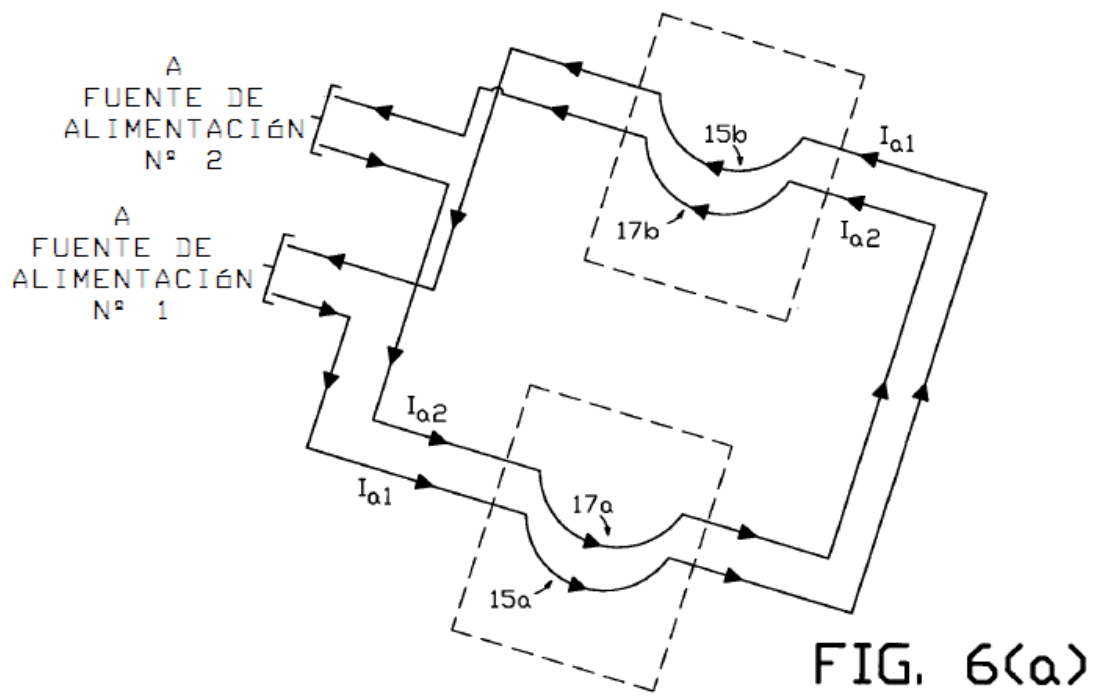
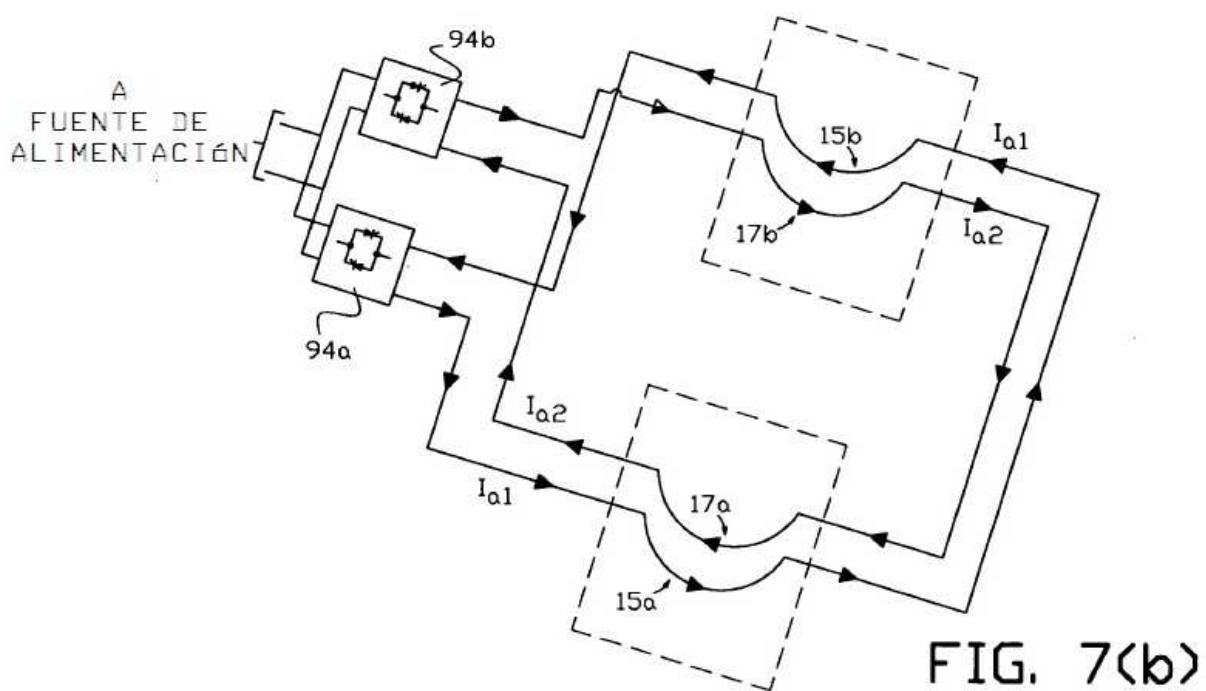
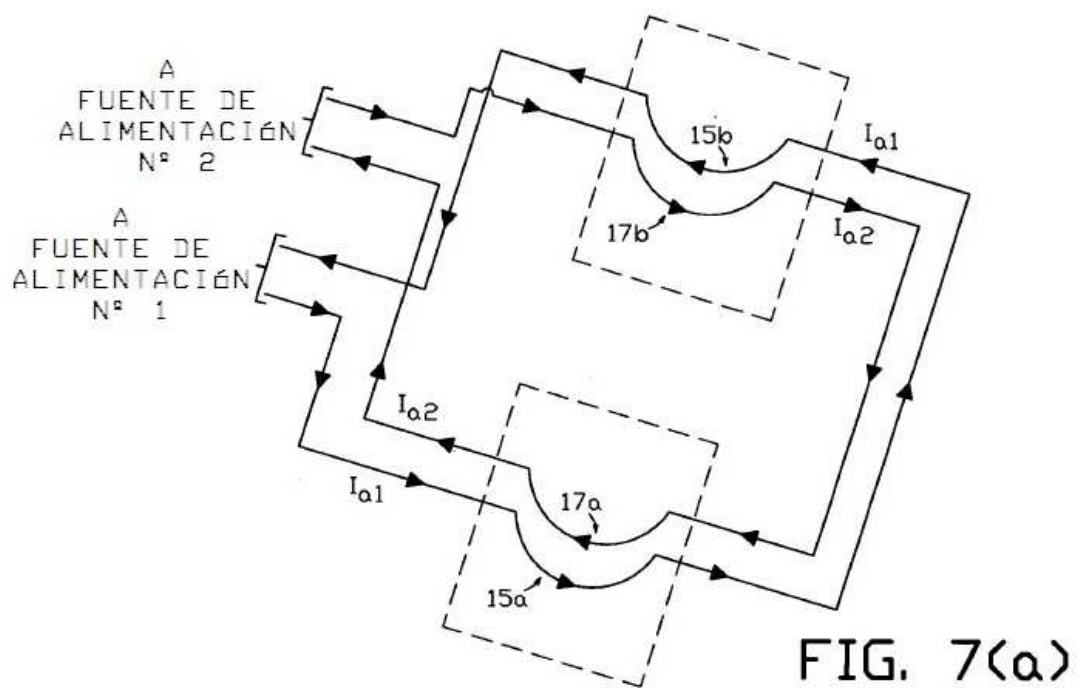


FIG. 5(a)''







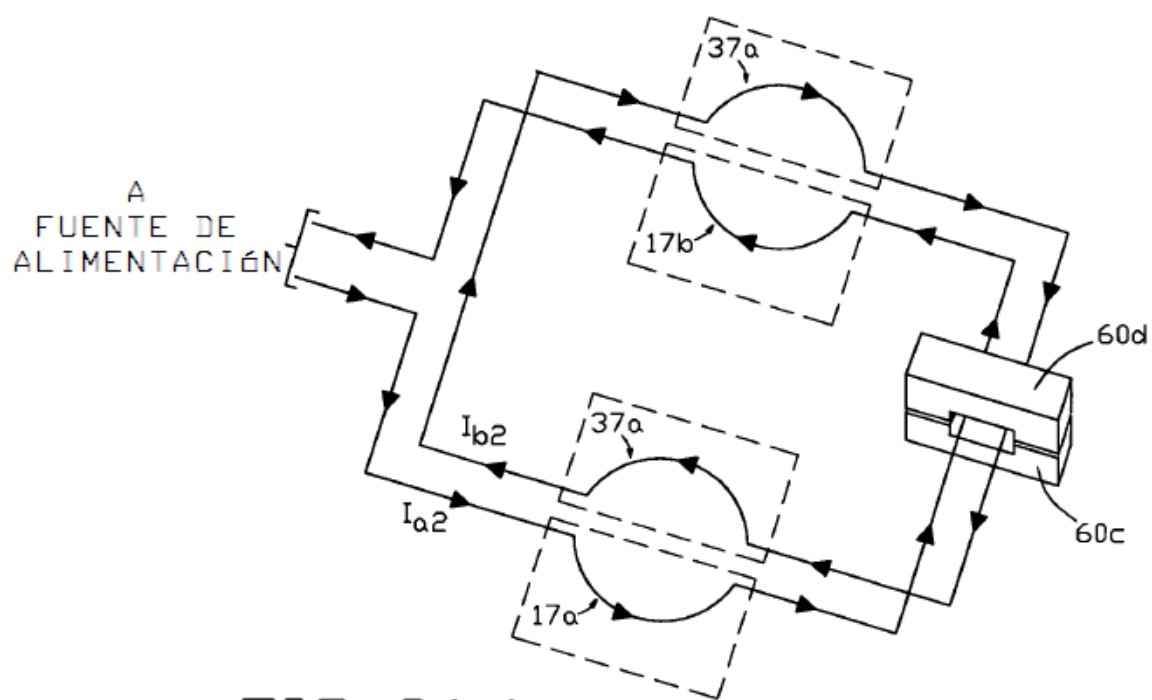


FIG 8(a)

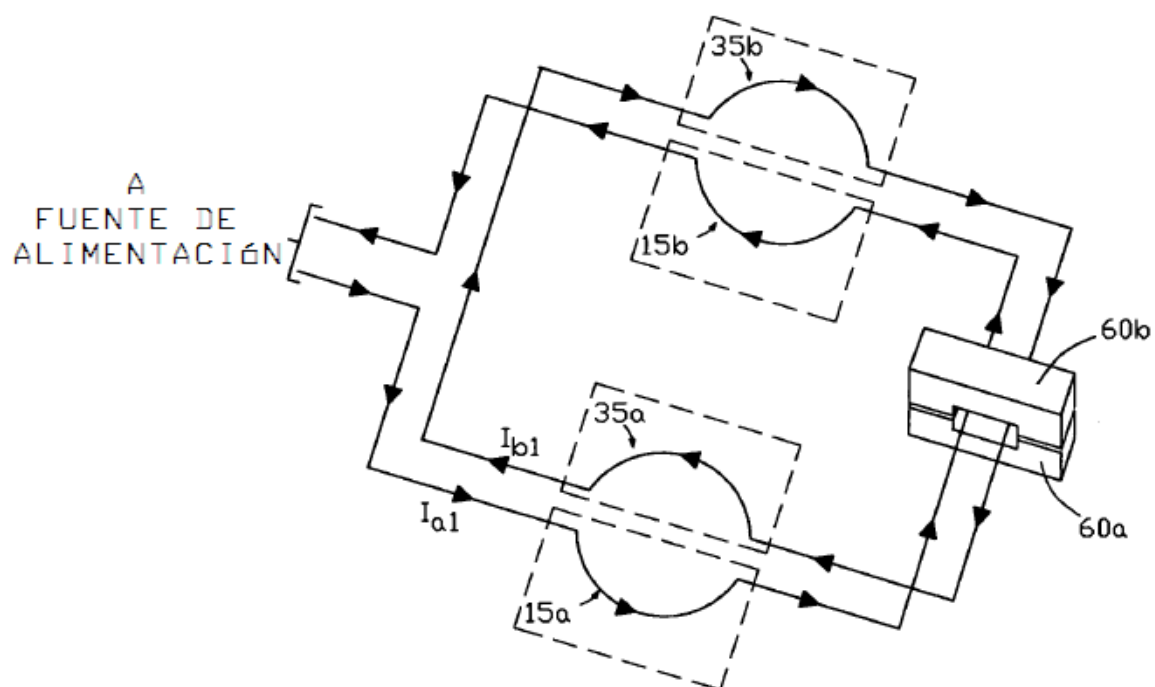


FIG 8(b)

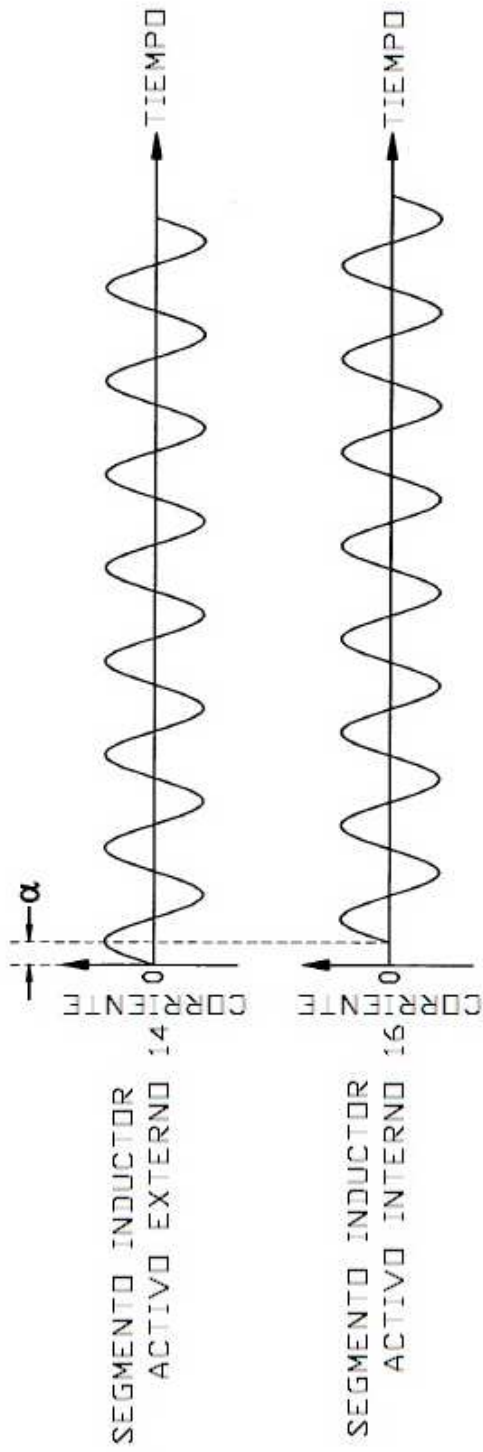


FIG. 9(a)

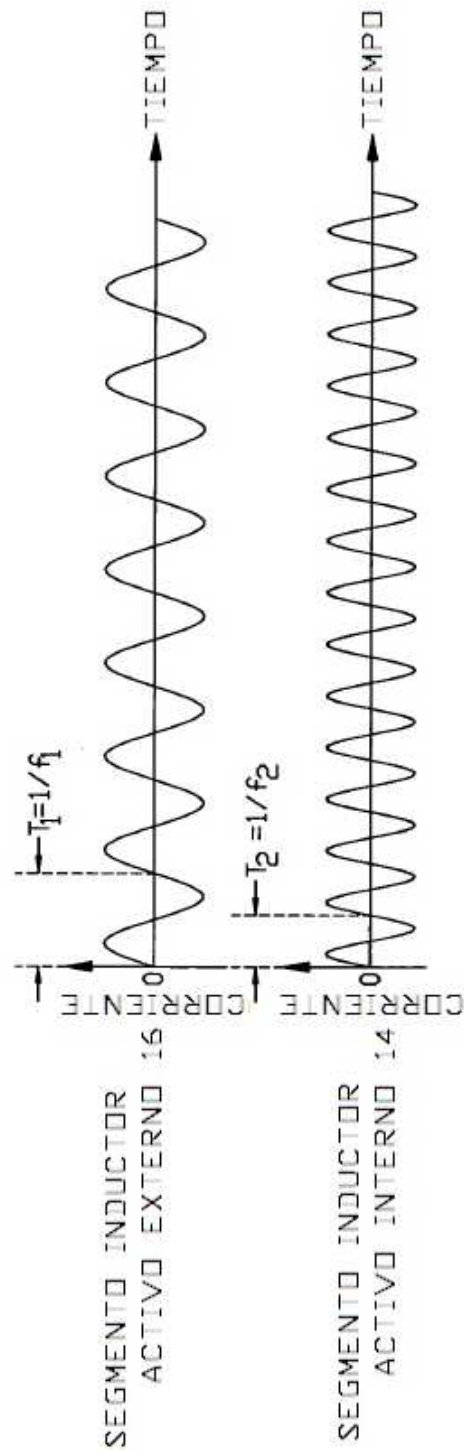


FIG. 9(b)

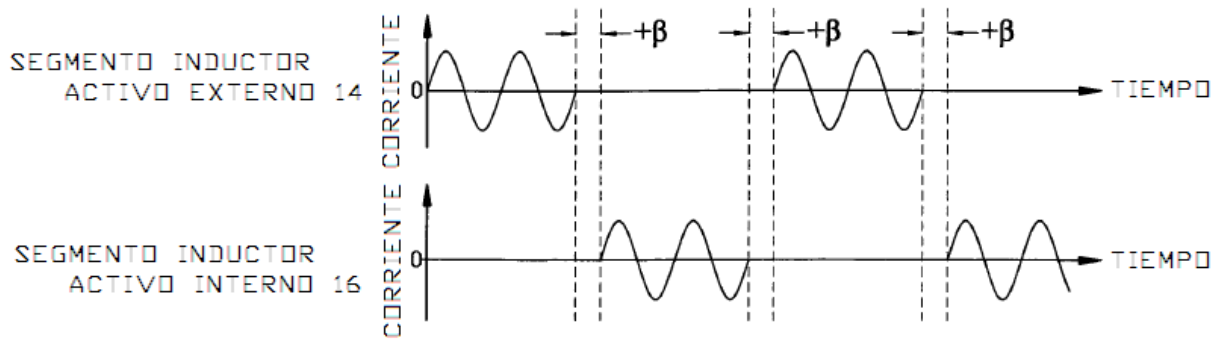


FIG. 10(a)

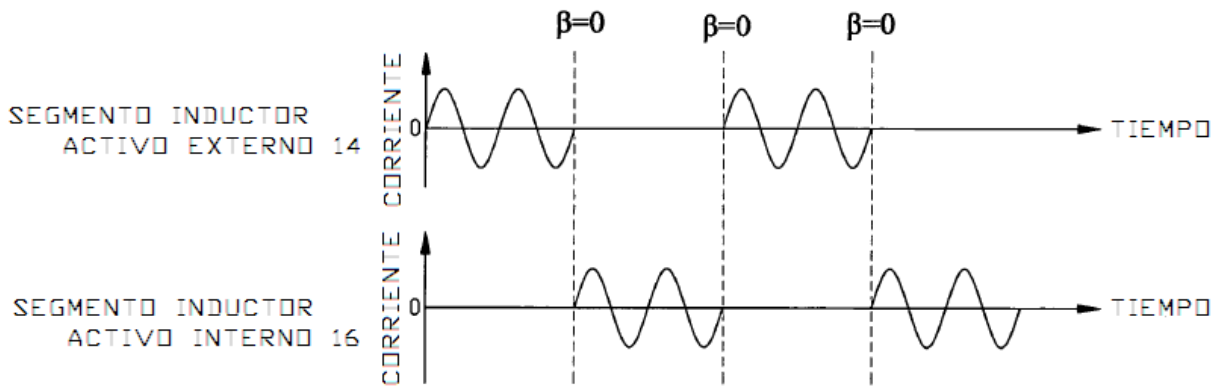


FIG. 10(b)

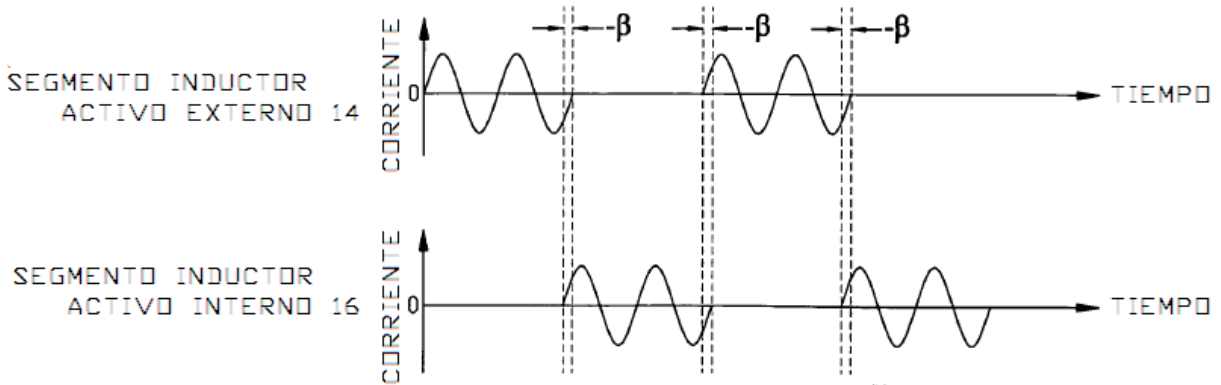


FIG. 10(c)

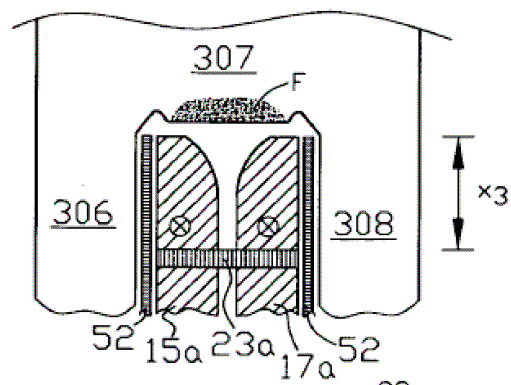


FIG. 11(a)

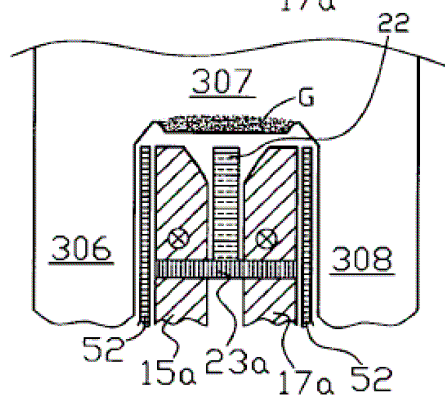


FIG. 11(b)

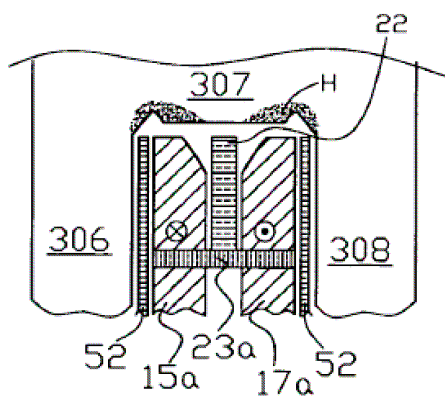


FIG. 11(c)

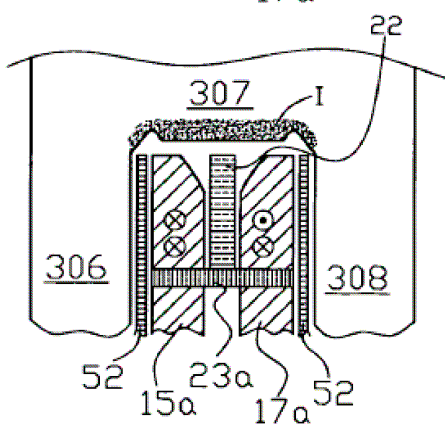


FIG. 11(d)

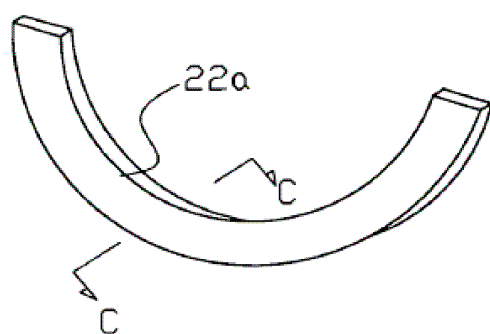


FIG. 12

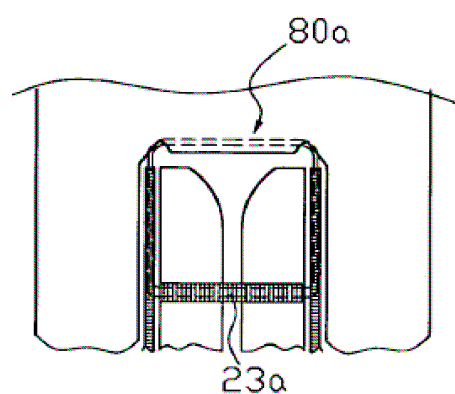


FIG. 13(a)'

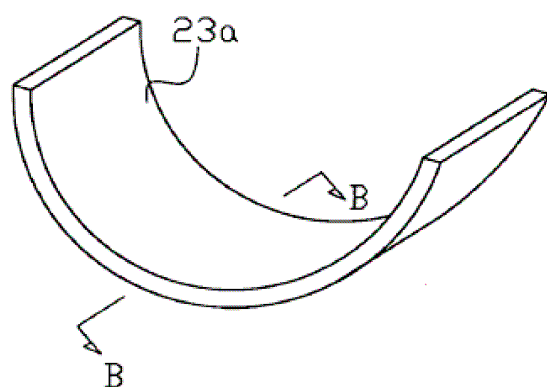


FIG. 13(a)

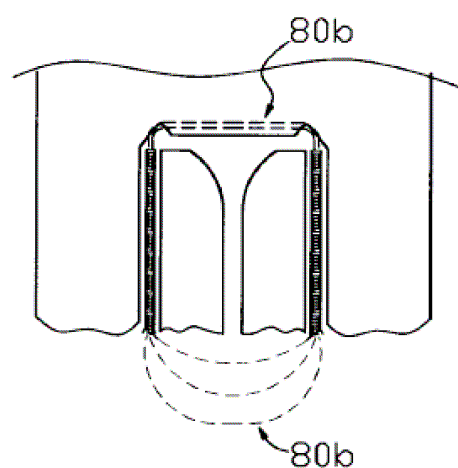


FIG. 13(a)''

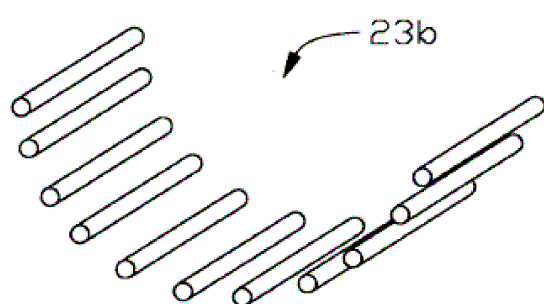
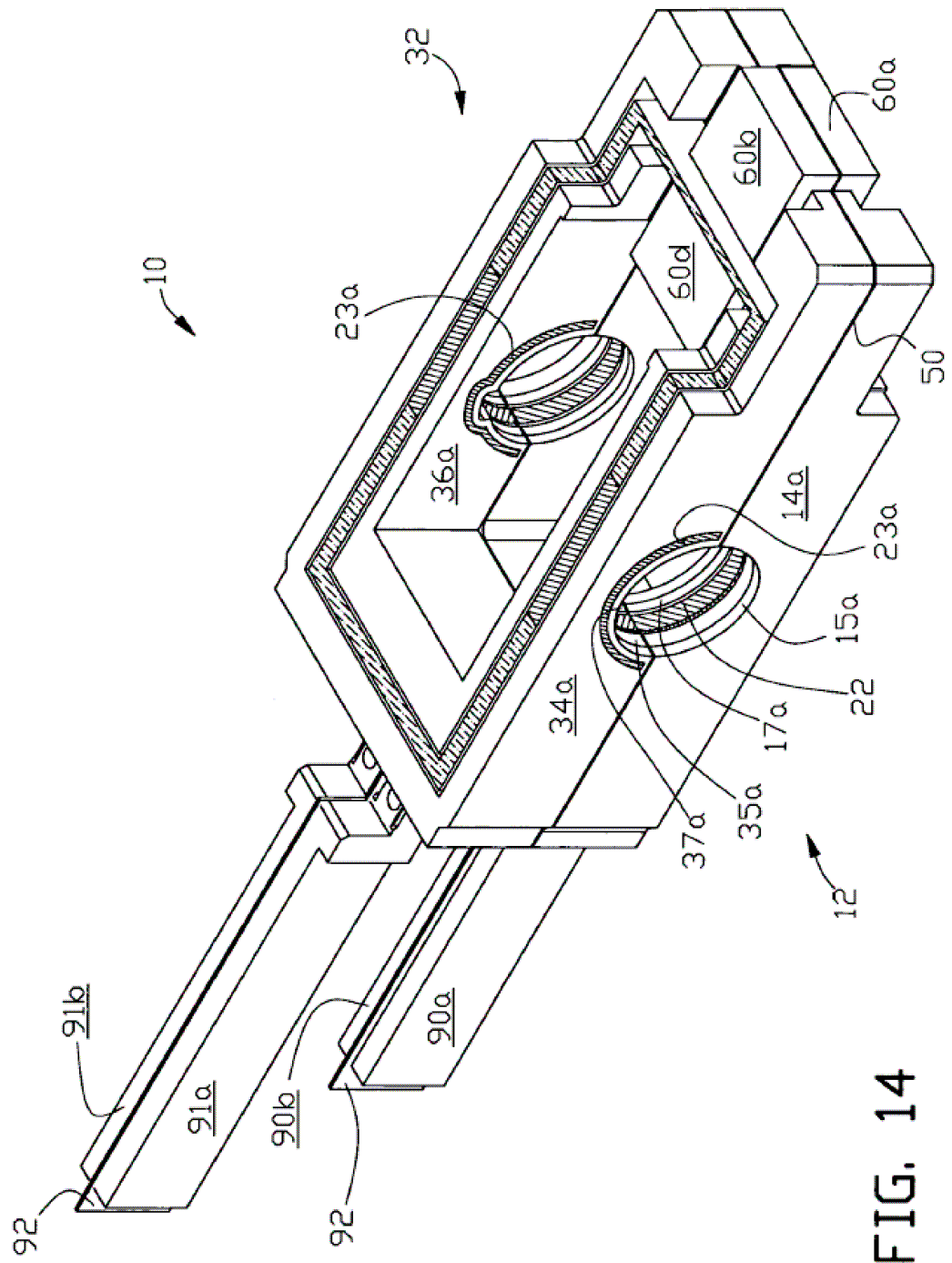


FIG. 13(b)



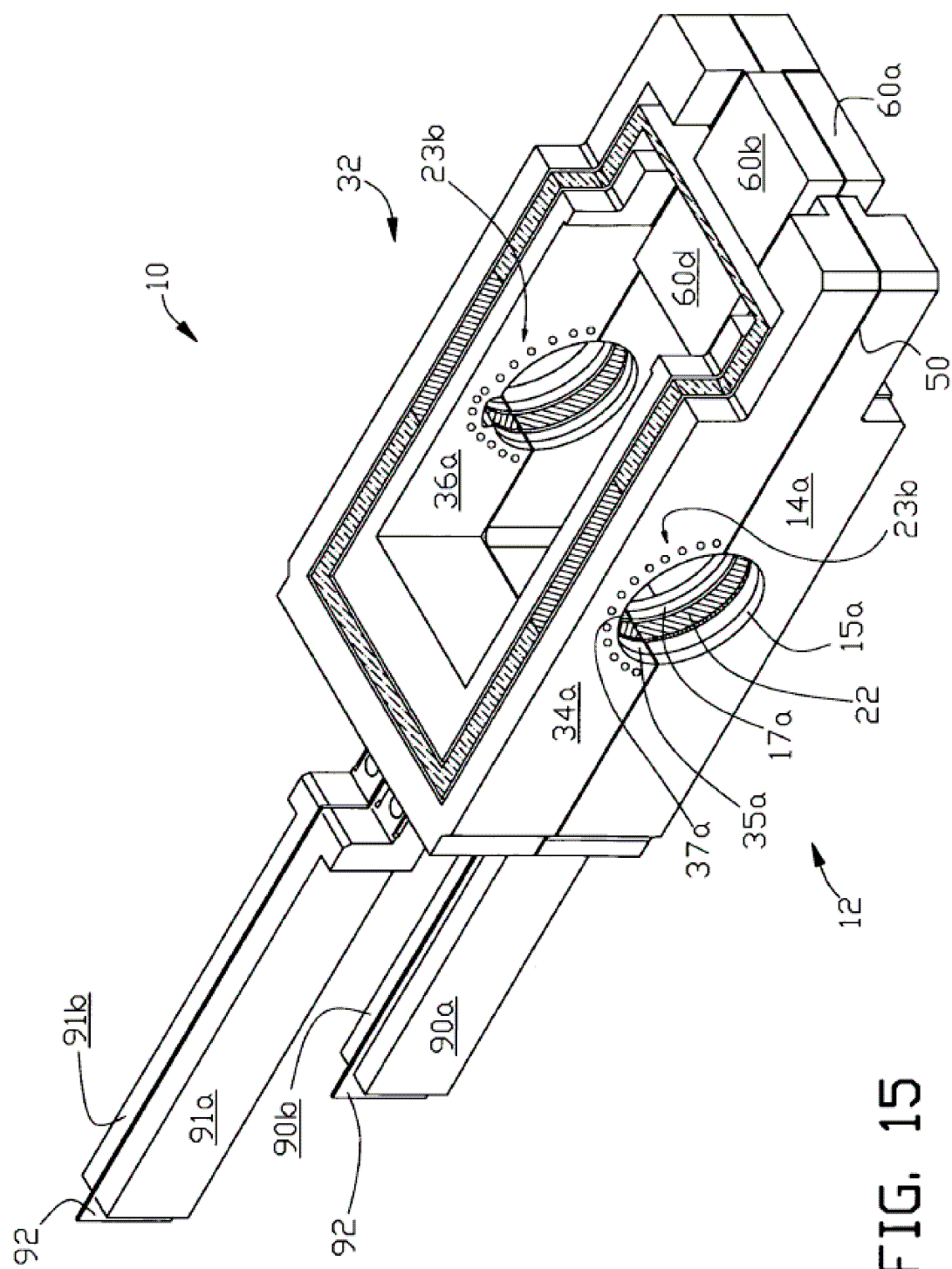


FIG. 15