

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 806**

51 Int. Cl.:

H01F 27/08 (2006.01)

H05B 6/10 (2006.01)

H05B 6/22 (2006.01)

H05B 6/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2004 E 04711186 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2015 EP 1599885**

54 Título: **Tratamiento térmico por inducción de piezas de trabajo con forma compleja**

30 Prioridad:

14.02.2003 US 447615 P

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

24.06.2015

73 Titular/es:

**INDUCTOHEAT, INC. (100.0%)
32251 NORTH AVIS DRIVE
MADISON HEIGHTS, MI 48071, US**

72 Inventor/es:

**RUDNEV, VALERY I. y
LOVELESS, DON L.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 538 806 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 de trabajo con forma compleja

Referencia cruzada con la solicitud relacionada

5 La presente solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud Provisional Estadounidense No. 60/447,615 presentada el 14 de febrero de 2003

Campo de la invención

La presente invención en general se refiere a bobinas inductoras que son utilizadas para el tratamiento térmico de piezas de trabajo con forma compleja.

Antecedentes de la invención

10 La Patente Estadounidense No. 6.274.857 (la patente 857) describe un método de tratamiento térmico por inducción de una pieza de trabajo con forma irregular, tal como un cigüeñal. La patente 857 describe el uso de un par de segmentos de bobina de acoplamiento, uno en un circuito eléctrico activo y uno en un circuito eléctrico pasivo, para endurecer por inducción los componentes de la pieza de trabajo, tal como un perno o tubo del cigüeñal. La Fig. 1 es una ilustración esquemática de una configuración para llevar a cabo el endurecimiento por inducción como se
15 enseña en la patente 857. En la figura, la corriente alterna I_a fluye a través del primer segmento inductor 107 como se ilustra en la dirección de las flechas (corriente alterna instantánea). Las líneas que ilustran esquemáticamente el primer segmento inductor 107 están conectadas a una fuente de alimentación de corriente alterna adecuada, haciendo que el primer segmento inductor sea un circuito eléctrico activo formado a partir de un segmento inductor de espira simple. Los segmentos de bobina 107a y 107b se proporcionan en el primer segmento inductor 107. La corriente I_a , crea un campo de flujo magnético alrededor del segmento de bobina inductor activo, Los segmentos de bobina 109a y 109 B se proporcionan en el segundo segmento inductor 109, que es un circuito eléctrico pasivo formado a partir de un segmento de bobina inductor de espira simple. Los segmentos concentradores de flujo magnético 103a y 103b forman un concentrador de flujo magnético que acopla el flujo magnético que rodea el segmento inductor activo al segmento inductor pasivo e induce corriente alterna I_b en el segundo segmento inductor
20 109 como se ilustra en la dirección de las flechas (corriente alterna instantánea).

La Fig. 2 (a) y la Fig. 2 (b) respectivamente ilustran un ejemplo de un (primer) segmento inductor activo 107 de la técnica anterior y (segundo) segmento inductor pasivo 109 que pueden utilizarse para darse cuenta de los circuitos esquemáticos en la Fig. 1. En la Fig. 2(a) las regiones de terminación de potencia 122a y 122b proporcionan un medio para conectar el segmento inductor activo a un fuente de alimentación de corriente alterna de alta frecuencia adecuada. El material dieléctrico 411 se puede utilizar para proporcionar suficiente aislamiento eléctrico entre las dos
30 regiones. En la Fig. 2 (a) y la Fig. 2 (b) las aberturas internas pasantes 117a y 117b, respectivamente, dividen el primer y segundo segmentos del inductor, respectivamente, en dos segmentos de bobina. Cada uno de estos segmentos de bobina tiene una abertura parcial, tal como las aberturas 121a y 121b en los segmentos de bobina 107a y 107b, respectivamente. Cada segmento de bobina alrededor de su abertura puede diseñarse con rebordes de bobina interno y externo separados por un orificio de enfriamiento, tal como los rebordes de bobina interno y externo 123b y 123a, respectivamente, entre el orificio de enfriamiento 131 en el segmento de bobina 107a. La Fig. 2(c) ilustra los segmentos inductores activo y pasivo de la técnica anterior 107 y 109, respectivamente, posicionados apropiadamente para el tratamiento térmico por inducción de dos componentes de una pieza de trabajo, cada uno de los cuales es colocado dentro de la abertura formada alrededor de un par de segmentos de bobina, a saber el primer par de segmentos de bobina 107a y 109a (aberturas 121a y 122a), y segundo par de segmentos de bobina 107b y 109b. Los concentradores de flujo magnético 103a y 103b se colocan alrededor del concentrador de flujo magnético que acopla las regiones 119a y 119b del primer y segundo segmentos del inductor, respectivamente. El material dieléctrico 410 separa las superficies enfrentadas con la bobina 115a y 115b del primer y segundo segmentos inductores, respectivamente. Dependiendo del componente de la pieza de trabajo que está siendo tratado
40 térmicamente por inducción en una abertura particular formada alrededor de un par de segmentos de bobina, las aberturas pasantes 117a y 117b también pueden servir como sitios (residencia) para un componente de la pieza de trabajo no tratado que se une a una o dos componentes de la pieza de trabajo.

Con acoplamiento magnético eficaz, la magnitud de la corriente inducida I_b en el segmento inductor pasivo será aproximadamente igual en magnitud a, y 180 grados eléctricos fuera de fase con, la corriente I_a activa en el
50 segmento inductor activo. Las magnitudes aproximadamente iguales de las corrientes I_a y I_b no asegura densidades de corriente iguales a través del ancho de un segmento de bobina. Las densidades de corriente en sección transversal iguales en los circuitos pasivos y activos enfrentados a los segmentos de bobina es esencial para el calentamiento por inducción uniforme del componente de una pieza de trabajo colocado dentro de una abertura formada por un par opuesto de segmentos de bobina. La falta de uniformidad del material eléctricamente conductor del que está fabricado un segmento inductor, o la desviación de la exacta relación de plano paralelo entre las superficies enfrentadas de un par de segmentos inductores, puede dar lugar a densidades de corriente no uniforme a lo ancho de la sección transversal del segmento inductor. La Fig. 3(a) y la Fig. 3(b) son vistas en sección transversal parciales del primer y segundo segmentos inductores opuestos, en la línea A - A de la Fig. 2 (c). La Fig. 3

- (a) ilustra un típico par de segmentos inductores opuestos 107 y 109 con densidades de corriente en sección transversal uniformes ideales (región de puntos) para las corrientes la y lb. La Fig. 3(b) ilustra una situación más realista en la que las superficies enfrentadas a la bobina opuestas 115a y 115b no son paralelas entre sí, y ambas densidades de corriente en sección transversal para las corrientes la y lb son no uniformes. En este ejemplo, la superficie enfrentada a la bobina 115b del segmento inductor 109 no es paralela con la superficie enfrentada a la bobina 115a del segmento inductor opuesto 107. En consecuencia, debido al fenómeno electromagnético conocido como el efecto de proximidad, la densidad de corriente lb inducida es mayor en la región en sección transversal con un espacio de aire más pequeño, que a su vez dará lugar a una densidad de re-distribución de corriente de la corriente activa la.
- La uniformidad de las densidades de corriente en los segmentos de bobina activo y pasivo opuestos puede ser afectada por la presencia de masas conductoras de electricidad en la pieza de trabajo con forma compleja que se encuentra adyacente al componente de la pieza de trabajo que es tratado térmicamente por inducción en una abertura entre un par de segmentos de bobina. La Fig. 4 ilustra un componente de pieza de trabajo 207 ubicado entre un par de segmentos de bobina opuestos 107a y 109a, formados a partir de rebordes de bobina 107a' y 107a", y rebordes de bobina 109a' y 109a", respectivamente. El componente de la pieza de trabajo 207, que será tratado térmicamente por inducción, se une a componentes de la pieza de trabajo contiguos delimitantes 206 y 208, los cuales no serán tratados térmicamente por inducción. Si la pieza de trabajo es un cigüeñal, a continuación, el componente 207 puede ser un pasador o tubo principal (con o sin un paso de aceite en el mismo), y los componentes de la pieza de trabajo contiguos delimitantes representan contrapesos no simétricos en el cigüeñal.
- Como se describe en la patente 857, se pueden proporcionar dos o más idénticos números de espiras tanto para los segmentos inductores pasivos como activos. Sin embargo los circuitos de inductores de múltiples espiras activos y pasivos requieren voltajes de operación mayores que aquellos para una disposición de espira simple equivalente. Los voltajes de operación más altos presentan el potencial de formación de arcos entre conductores de circuito adyacentes con un pequeño espacio de aire que reduce la fiabilidad y capacidad de mantenimiento.
- Por lo tanto, un objeto de la presente invención son los segmentos inductores que minimicen la distribución no uniforme de la densidad de corriente a través del inductor para lograr el tratamiento térmico por inducción uniforme de un componente de pieza de trabajo de una pieza de trabajo con forma compleja.

Breve compendio de la invención

- En un aspecto, la presente invención es un inductor y procedimiento para el tratamiento térmico de al menos un componente sustancialmente cilíndrico de una pieza de trabajo de metal en la que el componente sustancialmente cilíndrico está unido en al menos un lado a un componente con forma irregular para formar a filete entre el componente con forma irregular y el componente con forma sustancialmente cilíndrica. El inductor está formado a partir del primer y segundo segmentos del inductor y el segundo segmento inductor está acoplado magnéticamente al primer segmento inductor. El primer segmento inductor está conectado a una fuente de alimentación de corriente alterna de alta frecuencia. Una abertura sustancialmente cerrada está formada parcialmente en el primer segmento inductor y parcialmente en el segundo segmento inductor para la colocación del componente sustancialmente cilíndrico para el tratamiento térmico mediante la aplicación de un campo magnético generado por el inductor formado a partir del primer y segundo segmentos del inductor en respuesta a la excitación por corriente alterna de alta frecuencia desde el fuente de alimentación de corriente alterna de alta frecuencia.
- En un ejemplo de la invención, el primer segmento inductor está formado a partir de un material sólido eléctricamente conductor. El primer segmento inductor tiene una superficie enfrentada y una abertura pasante que forma el primer y segundo segmentos de bobina dispuestos en lados opuestos de la abertura pasante. Una ranura de restricción de corriente en sección transversal divide cada uno del primer y segundo segmentos de bobina en un primer y segundo par de subsegmentos de bobina. Una primera abertura parcial en cualquiera del primer o segundo segmento de bobina tiene una superficie de bobina arqueada a cada lado de la ranura de restricción de corriente en sección transversal. Cada una de las superficies de bobina arqueadas está dividida por un orificio para formar un primer y segundo pares de rebordes de bobina. El primer y segundo pares de rebordes de bobina forman regiones de interfaz con las primeras superficies enfrentadas contiguas. El primer y segundo pares de rebordes de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular del componente con forma irregular, una abertura en la superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o el calentamiento selectivo del filete. El segundo inductor está formado a partir de un material sólido eléctricamente conductor. El segundo segmento inductor tiene una segunda superficie enfrentada dispuesta sustancialmente adyacente a y eléctricamente aislada de la primera superficie enfrentada. Una abertura pasante en el segundo segmento inductor forma el tercer y cuarto segmentos de bobina dispuestos en lados opuestos de la abertura pasante. Una segunda abertura parcial en cualquiera del tercer o cuarto segmento de bobina tiene una superficie arqueada dividida por un orificio para formar un tercer par de rebordes de bobina. El tercer par de rebordes de bobina forman regiones de interfaz con la segunda superficie enfrentada contigua. El tercer par de rebordes de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular del componente con forma irregular, una abertura en la superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o el calentamiento selectivo del filete.
- En otro ejemplo de la invención, el primer segmento inductor está formado a partir de un material sólido

eléctricamente conductor. El primer segmento inductor tiene una superficie enfrentada y una abertura pasante que forma el primer y segundo segmentos de bobina dispuestos en lados opuestos de la abertura pasante. Un primer segmento inductor ranura de restricción de corriente en sección transversal divide cada uno del primer y segundo segmentos de bobina en un primer y segundo par de subsegmentos de bobina. Una primera abertura parcial en cualquiera del primer o segundo segmento de bobina tiene una superficie de bobina arqueada a cada lado de la ranura de restricción de corriente en sección transversal. Cada una de estas superficies de bobina arqueadas está dividida por un orificio para formar un primer y segundo pares de rebordes de bobina. El primer y segundo pares de rebordes de bobina forman regiones de interfaz con las primeras superficies enfrentadas contiguas. El primer y segundo pares de rebordes de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular del componente con forma irregular, una abertura en la superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o el calentamiento selectivo del filete. El segundo inductor está formado a partir de un material sólido eléctricamente conductor. El segundo segmento inductor tiene una segunda superficie enfrentada dispuesta sustancialmente adyacente a y eléctricamente aislada de la primera superficie enfrentada. Una abertura pasante en el segundo segmento inductor forma el tercer y cuarto segmentos de bobina dispuestos en lados opuestos de la abertura pasante. Al menos una segunda ranura de restricción de corriente en sección transversal del segundo segmento inductor divide el segundo segmento inductor en al menos dos espiras de bobina en serie. Al menos dos espiras de bobina forman un al menos dos segmentos de espira de bobina a cada lado de la abertura pasante. Una segunda abertura parcial en al menos dos segmentos de espira de bobina a cada lado de la abertura pasante tiene una superficie arqueada dividida por un orificio para formar un tercer y cuarto pares de rebordes de bobina. El tercer y cuarto pares de rebordes de bobina forman regiones de interfaz con las segundas superficies enfrentadas contiguas. El tercer y cuarto rebordes de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular del componente con forma irregular, una abertura en la superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o el calentamiento selectivo del filete.

En otro ejemplo de la invención, el primer segmento inductor está formado a partir de un material sólido eléctricamente conductor. El primer segmento inductor tiene una superficie enfrentada y una abertura pasante que forma el primer y segundo segmentos de bobina dispuestos en lados opuestos de la abertura pasante. Una primera ranura de restricción de corriente en sección transversal del segmento de bobina inductora divide cada uno del primer y segundo segmentos de bobina en un primer y segundo par de subsegmentos de bobina. Una primera abertura parcial en cualquiera del primer o segundo segmento de bobina tiene una superficie de bobina arqueada a cada lado de la ranura de restricción de corriente en sección transversal. Cada una de estas superficies de bobina arqueadas está dividida por un orificio para formar un primer y segundo pares de rebordes de bobina. El primer y segundo pares de rebordes de bobina forman regiones de interfaz con las primeras superficies enfrentadas contiguas. El primer y segundo pares de rebordes de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular del componente con forma irregular, una abertura en la superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o el calentamiento selectivo del filete. El segundo inductor está formado a partir de un material sólido eléctricamente conductor. El segundo segmento inductor tiene una segunda superficie enfrentada dispuesta sustancialmente adyacente a y eléctricamente aislada de la primera superficie enfrentada. Una abertura pasante en el segundo segmento inductor forma el tercer y cuarto segmentos de bobina dispuestos en lados opuestos de la abertura pasante. Un segundo segmento inductor ranura de restricción de corriente en sección transversal divide el segundo segmento inductor en segundos segmentos inductores interno y externo. Una segunda abertura parcial en los segundos segmentos inductores interno y externo a cada lado de la abertura pasante tiene una superficie arqueada dividida por un orificio para formar un tercer y cuarto pares de rebordes de bobina. El tercer y cuarto pares de rebordes de bobina forman regiones de interfaz con la segunda superficie enfrentada contiguas. El tercer y cuarto pares de rebordes de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular del componente con forma irregular, una abertura en la superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o el calentamiento selectivo del filete.

En otro ejemplo de la invención, el primer segmento inductor está formado a partir de un material sólido eléctricamente conductor. El primer segmento inductor tiene una superficie enfrentada y una abertura pasante que forma el primer y segundo segmentos dispuestos en lados opuestos de la abertura pasante. Una primera abertura parcial en cualquiera del primer o segundo segmento de bobina tiene una superficie de bobina arqueada dividida por un orificio para formar un primer par de rebordes de bobina. El primer par de rebordes de bobina forman regiones de interfaz con la primera superficie enfrentada contigua. El primer par de rebordes de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular del componente con forma irregular, una abertura en la superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o el calentamiento selectivo del filete. El segundo inductor está formado a partir de un material sólido eléctricamente conductor. El segundo segmento inductor tiene una segunda superficie enfrentada dispuesta sustancialmente adyacente a y eléctricamente aislada de la primera superficie enfrentada. Una abertura pasante en el segundo segmento inductor forma el segundo y tercer segmentos de bobina dispuestos en lados opuestos de la abertura pasante. Una ranura de restricción de corriente en sección transversal divide el segundo segmento inductor en un segmento inductor interno y un segundo segmento inductor externo que están eléctricamente aislados entre sí. Una segunda abertura parcial en los segundos segmentos inductores interno y externo a cada lado de la abertura pasante tiene una superficie arqueada dividida por un orificio para formar un segundo y tercer pares de rebordes de bobina. El tercer y cuarto pares de rebordes de bobina forman regiones de interfaz con la segunda superficie enfrentada contiguas. El segundo y tercer pares de rebordes de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular del componente con forma irregular, una abertura en la

superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o el calentamiento selectivo del filete.

5 En otro aspecto la presente invención es una estación de tratamiento térmico por inducción para el tratamiento térmico de una pieza de trabajo de metal, tal como un cigüeñal, que tiene uno o más componentes de pieza de trabajo sustancialmente cilíndricos axialmente desplazados y paralelos al eje principal de la pieza de trabajo y dos o más componentes de pieza de trabajo sustancialmente cilíndricos axialmente alineados con el eje principal de la pieza de trabajo, en el que un inductor de la presente invención se utiliza para calentar inductivamente los componentes de la pieza de trabajo.

Otros aspectos de la invención se exponen en esta especificación.

Breve descripción de los dibujos

10 Para el propósito de ilustrar la invención, se muestra en los dibujos una forma que se prefiere actualmente; entendiéndose, sin embargo, que la presente invención no está limitada a las disposiciones e instrumentalidades precisas que se muestran.

15 La Fig. 1 es una disposición esquemática de circuitos eléctricos acoplados magnéticamente activos y pasivos de la técnica anterior que pueden usarse para el tratamiento térmico por inducción de piezas de trabajo con forma compleja.

La Fig. 2(a) ilustra un segmento inductor activo de la técnica anterior que se puede utilizar para el tratamiento térmico por inducción de piezas de trabajo con forma compleja.

La Fig. 2(b) ilustra un segmento inductor pasivo de la técnica anterior que se puede utilizar para el tratamiento térmico por inducción de piezas de trabajo con forma compleja.

20 La Fig. 2(c) ilustra los segmentos inductores pasivos y activos mostrados en la Fig. 2 (a) y la Fig. 2(b) en posición para calentar por inducción un componente de una pieza de trabajo con forma compleja.

La Fig. 3 (a) y la Fig. 3 (b) ilustran la diferencia entre uniforman densidad de corriente en sección transversal no uniforme y uniforme en segmentos inductores.

25 La Fig. 4 ilustra la densidad de corriente en sección transversal no uniforme típica en un componente de pieza de trabajo durante el tratamiento térmico por inducción que resulta de la presencia de componentes de pieza de trabajo contiguos delimitantes.

La Fig. 5 es una vista plana enfrentada de un ejemplo de un segmento inductor activo de la presente invención configurado como dos espiras conectadas en paralelo que puede utilizarse para el tratamiento térmico por inducción de piezas de trabajo con forma compleja.

30 La Fig. 6 es una vista plana enfrentada de un ejemplo de un segmento inductor pasivo de la presente invención configurado como una bobina en serie de dos espiras que puede utilizarse para el tratamiento térmico por inducción de piezas de trabajo con forma compleja.

35 La Fig. 7 es una vista en perspectiva de un ejemplo de un segmento inductor pasivo de la presente invención configurado como dos espiras de bobina eléctricamente aisladas que puede utilizarse para el tratamiento térmico por inducción de piezas de trabajo con forma compleja.

Las Fig. 8(a) y Fig. 8(b) son vistas en perspectiva de un ejemplo de un par de segmentos inductores activo y pasivo opuestos de la presente invención que pueden utilizarse para el tratamiento térmico de un componente de pieza de trabajo final donde el extremo de la pieza de trabajo tiene un elemento final no tratado térmicamente sobresaliente.

40 La Fig. 9 es una disposición esquemática de los circuitos eléctricos cuando el segmento inductor activo que se muestra en la Fig. 5 se utiliza con el segmento inductor pasivo que se muestra en la Fig. 6 para el tratamiento térmico por inducción de uno o más componentes de una pieza de trabajo con forma compleja.

Descripción detallada de la invención

Haciendo referencia ahora a los dibujos, en los que números similares indican elementos similares, se muestra en la Fig. 5, un ejemplo de un segmento inductor activo de la presente invención que puede utilizarse para el tratamiento térmico por inducción de un componente de una pieza de trabajo compleja. El segmento inductor activo 17 comprende dos espiras de bobina 16 y 18 conectadas entre sí en paralelo. La Fig. 5 es una vista plana enfrentada del segmento inductor activo. La ranura de restricción de corriente en sección transversal 14 forma las dos espiras de bobina en el segmento inductor activo que están conectadas entre sí en paralelo en las regiones de terminación de potencia 122a y 122b. La ranura 14 es suficientemente grande para evitar la formación de arcos entre los dos espiras de bobina y puede ser llenada con un material dieléctrico. Típicamente, pero no a modo de limitación, el ancho de ranura 14 está dentro del intervalo de 1 mm a 5 mm, dependiendo de las características del componente calentado inductivamente. La ranura 14 minimiza la falta de uniformidad de las densidades de corriente en sección

transversal, ya que interrumpe las trayectorias de corriente en sección transversal en las espiras de la bobina. La combinación de las espiras de bobina 16 y 18 forman segmentos de bobina 17a y 17b en los lados opuestos de la abertura pasante 117a. En el ejemplo que se muestra en la Fig. 5, la ranura 14 se extiende completamente a través ambos segmentos de bobina 17a y 17b, y la región del concentrador de flujo magnético 119a. En ejemplos alternativos de la invención, la ranura puede estar limitada a los dos segmentos de bobina, formando de tal modo que dos ranuras discretas. Preferiblemente, la ranura 14 se extiende a través de ambos segmentos de bobina para mejorar la uniformidad de la distribución de corriente dentro de cada segmento de bobina.

Uno o ambos segmentos de bobina tienen una abertura parcial, tal como aberturas las parciales 21a y 22a en los segmentos de bobina 17a y 17b, respectivamente. La superficie de bobina arqueada de cada uno de las dos espiras de bobina en cada abertura parcial puede formarse en un par de rebordes de bobina que están cada uno separados por un orificio de enfriamiento, como se muestra representativamente en la Fig. 5 como rebordes de bobina internos 23b, rebordes de bobina externos 23a, y orificio 31. Los rebordes de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular del componente con forma irregular, una abertura en la superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o el calentamiento selectivo del filete.

La ranura simple 14 en general separa cada segmento de bobina en dos espiras de bobina iguales en ancho. Puede proporcionarse más de una ranura de restricción de corriente en sección transversal.

El segmento inductor activo 17 en la Fig. 5 se puede usar en combinación con el segmento inductor pasivo de espira simple que se muestra en la Fig. 2(b). En este ejemplo de la invención, la mejora en la distribución en sección transversal uniforme de la densidad de corriente en el segmento inductor activo se traducirá en una mejora en la distribución en sección transversal uniforme de la densidad de corriente en el segmento inductor pasivo ya que la dirección de las corrientes instantáneas a través de dos espiras de bobina formadas entre la ranura 14 estarán en dirección opuesta a la corriente en el segmento inductor pasivo de espira simple. Por lo tanto las corrientes en cada una de las dos espiras de bobina en el segmento inductor activo cada una atraerá una cantidad corriente comparable en el segmento inductor pasivo.

Alternativamente el segmento inductor activo 17 se puede utilizar con un segmento inductor pasivo de dos espiras. La Fig. 6 ilustra una vista plana enfrentada de un ejemplo de un segmento inductor pasivo de dos espiras de la presente invención. El segmento inductor pasivo de dos espiras 19 comprende dos espiras de bobina 20 y 24 formadas a partir de la ranura de restricción de corriente en sección transversal 15 con región cruzada 26. Cuando se utiliza con el segmento inductor activo 17 en la Fig. 5, el ancho, w_s , de ranura 15 en el segmento inductor pasivo es en general igual al ancho, w_s , de a ranura 14 en el segmento inductor activo. Los rebordes de bobina están perfilados alrededor de un orificio en la superficie arqueada alrededor de las aberturas parciales 21b y 22b de cada una de las dos espiras de bobina que conforman el segmento de bobina 19a y/o el segmento de bobina 19b, respectivamente. Dado que las dos espiras en el segmento inductor pasivo están conectadas en serie, la corriente inducida que fluye en ambas espiras es la misma. Por lo tanto la densidad de la corriente que fluye en el segmento inductor activo también se distribuirá de acuerdo con la densidad de la corriente en el segmento inductor pasivo cuando el segmento inductor activo 17 está colocado adecuadamente adyacente al segmento inductor pasivo de dos espiras 19.

La Fig. 7 ilustra un segmento inductor pasivo alternativo de la presente invención. . En este ejemplo, el segmento inductor pasivo 29 es dividido en dos bobinas eléctricamente aisladas 32 y 33 por la ranura de restricción de corriente en sección transversal 30. En esta configuración, el segmento inductor pasivo comprende una bobina externa e interna con una o más aberturas parciales, tal como la abertura parcial 41b. El segmento inductor pasivo 29 se usa en combinación con el segmento inductor activo que se muestra en la Fig. 2 (a) o la Fig. 5. Una bobina pasiva con dos bobinas eléctricamente aisladas no es tan eficaz como un segmento inductor pasivo de dos (o más) espiras conectadas en serie en el suministro de una distribución uniforme de densidad de corriente en sección transversal, pero es más sencillo de fabricar y ofrece una mejora con respecto la técnica anterior.

La Fig. 8(a) y Fig. 8(b) ilustran un ejemplo de un par de segmentos inductores activos y pasivos, 65', y 65, respectivamente, que puede utilizarse para el tratamiento térmico por inducción del componente final de una pieza de trabajo con forma compleja con un elemento final contiguo no tratado térmicamente que sobresale axialmente. Por ejemplo, cuando la pieza de trabajo es un cigüeñal, el componente final que debe ser tratado con calor es el tubo y elemento final contiguo no tratado térmicamente que sobresale axialmente es la nariz del cigüeñal. El segmento inductor activo 65' comprende una bobina de espira simple. El segmento inductor pasivo 65 comprende dos bobinas eléctricamente aisladas 70 y 72 separadas por una ranura de restricción de corriente en sección transversal 74. El componente es tratado térmicamente por inducción en la apertura formada a partir de aperturas parciales 66 y 66'. El elemento semicircular 67 se apoya en la abertura semicircular 67'. Las ventajas del ejemplo de la invención que se muestra en la Fig. 8 (a) y la Fig. 8 (b) son similares a aquellas logradas con la combinación del segmento inductor activo que se muestra en la Fig. 2 (a) y el segmento inductor pasivo que se muestra en la Fig. 7.

El par de rebordes de bobina opuestos en una espira de bobina separado por una ranura de restricción de corriente en sección transversal puede posicionarse de manera tal que los mismos inductivamente calienten solamente la región del filete entre el componente de pieza de trabajo ubicado entre un par de segmentos de bobina y su componente de pieza de trabajo contiguo. En esta disposición, la ranura de restricción de corriente en sección

transversal normalmente es más amplia y puede ser llenada con un concentrador de flujo para dirigir además el calentamiento por inducción a las regiones de filete. Típicamente, pero no a modo de limitación, el ancho de una ranura de restricción de corriente en sección transversal en este tipo de aplicación puede estar dentro del intervalo de 6 mm a 25 mm, dependiendo de las características del componente calentado inductivamente.

- 5 Los ejemplos anteriores no limitan el alcance de la invención descrita. El alcance de la invención descrita se establece más adelante en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un inductor para calentar al menos un componente sustancialmente cilíndrico de una pieza de trabajo de metal, el componente sustancialmente cilíndrico unido en al menos un lado a un componente con forma irregular, un filete formado entre el componente con forma irregular y el componente sustancialmente cilíndrico, el inductor formado a partir de un primer segmento inductor (17) y un segundo segmento inductor (109), teniendo el primer y segundo segmentos del inductor medios para acoplar magnéticamente al segundo segmento inductor una corriente alterna de alta frecuencia suministrada al primer segmento inductor (17), una abertura sustancialmente cerrada formada parcialmente en el primer segmento inductor (17) y parcialmente en el segundo segmento inductor (109) para la colocación del componente sustancialmente cilíndrico para calentar mediante la aplicación de un campo magnético al componente, el campo magnético generado por el primer y segundo segmentos del inductor en respuesta a la excitación por la corriente alterna de alta frecuencia, comprendiendo además el primer segmento inductor (17) formado a partir de un material sólido eléctricamente conductor, el primer segmento inductor:
- 5 una primera superficie enfrentada; y
- 15 una primera abertura pasante (117a) que forma un primer segmento de bobina (17a) y un segundo segmento de bobina (17b) dispuestos en lados opuestos de la primera abertura pasante (117a); el segundo segmento inductor (109) formado a partir de un material sólido eléctricamente conductor, comprendiendo además el segundo segmento inductor (109):
- 20 una segunda superficie enfrentada (115b), la segunda superficie enfrentada (115b) dispuesta sustancialmente adyacente a y eléctricamente aislada de la primera superficie enfrentada; y
- 25 una segunda abertura pasante (117b) que forma un tercer segmento de bobina (109a) y un cuarto segmento de bobina (109b) dispuestos en lados opuestos de la segunda abertura pasante (117b); caracterizada por:
- 30 al menos una ranura de restricción de corriente activa en sección transversal (14) dispuesta en el primer segmento de bobina (17a) y el segundo segmento de bobina (17b) para formar al menos dos bobinas paralelas en el primer segmento inductor (17), dividiendo al menos una ranura de restricción de corriente activa en sección transversal (14) cada uno del primer y segundo segmentos de bobina (17a, 17b) en un primer y segundo par de subsegmentos de bobina,
- 35 una primera abertura parcial (21a) en cualquiera del primer o segundo par de subsegmentos de bobina comprendiendo el primer o segundo segmento de bobina (17a, 17b), teniendo la primera abertura parcial una superficie de bobina arqueada dividida por un orificio (31) en al menos uno del par de subsegmentos de bobina que forman la primera abertura parcial (21a, 22b), dividiendo el orificio (31) la superficie de bobina arqueada en un primer par de rebordes de bobina (23a, 23b), el primer par de rebordes de bobina que forma una región de interfaz con la primera superficie enfrentada contigua en la que el primer par de rebordes de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular del componente con forma irregular, una abertura en la superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o el calentamiento selectivo del filete; y
- 40 una segunda abertura parcial (122a) en cualquiera del tercer o cuarto segmento de bobina (109a, 109b), teniendo la segunda abertura parcial (121a, 121b) una superficie de bobina arqueada dividida por un orificio, dividiendo el orificio la superficie de bobina arqueada en un segundo par de rebordes de bobina, formando el segundo par de rebordes de bobina una región de interfaz con la segunda superficie enfrentada contigua (115b) en la que el segundo par de rebordes de bobina están perfilados para compensar selectivamente la masa irregular o el componente con forma irregular, una abertura en la superficie del componente sustancialmente cilíndrico, o el calentamiento selectivo del filete, formando la primera y segunda aberturas parciales (21a, 122a) la abertura sustancialmente cerrada.
2. Un inductor de acuerdo a la reivindicación 1, que tiene al menos una ranura de restricción de corriente en sección transversal pasiva (15) dispuesta en el tercer segmento de bobina (109a) y el cuarto segmento de bobina (109b) para formar al menos dos bobinas en serie en el segundo segmento inductor (109), dividiendo al menos una ranura de restricción de corriente en sección transversal pasiva (30) cada uno del tercer y cuarto segmentos de bobina (109a, 109b) en un tercer y cuarto par de subsegmentos de bobina, la segunda abertura parcial (122a) dispuesta al menos en uno del tercer y cuarto par de los subsegmentos de bobina.
3. Un inductor de acuerdo a la reivindicación 2, en el que el número de al menos una de las ranuras de restricción de corriente activas en sección transversal (14) es igual al número de al menos una de las ranuras de restricción de corriente en sección transversal pasivas (15) y cada una de al menos una de las ranuras de restricción de corriente activas en sección transversal (14) está alineada en forma opuesta desde cada uno de al menos una ranura de restricción de corriente en sección transversal pasiva (30).
4. Un inductor de acuerdo a la reivindicación 2 o 3, en el que los anchos de todas las al menos una de las ranuras de restricción de corriente en sección transversal activa y pasiva (14, 15) son iguales.
5. Un inductor de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en la que al menos una de las ranuras de restricción de corriente activas en sección transversal comprende una ranura de restricción de

corriente activa en sección transversal (14) y al menos una ranura de restricción de corriente en sección transversal comprende una ranura de restricción de corriente en sección transversal pasiva (15), y una de las ranuras de restricción de corriente en sección transversal activa y pasiva son suficientemente anchas para dirigir el campo magnético hacia el filete de manera que solamente el filete sea calentado sustancialmente en forma inductiva.

5 6. Un inductor de acuerdo a la reivindicación 5, en el que un concentrador de flujo está dispuesto dentro de cada una de las ranuras de restricción de corriente activa y pasiva (14, 15) para dirigir además el campo magnético hacia el filete.

10 7. Un inductor de acuerdo a la reivindicación 1, que tiene al menos una ranura de restricción de corriente en sección transversal pasiva (30) dispuesta dentro del segundo segmento inductor (109) para formar al menos dos bobinas eléctricamente aisladas (32, 33) en el segundo segmento inductor, dividiendo al menos una ranura de restricción de corriente pasiva en sección transversal (30) cada uno del tercer y cuarto segmentos de bobina (109a, 109b) en un tercer y cuarto par de subsegmentos de bobina, la segunda abertura parcial (122a) dispuesta al menos en uno del tercer y cuarto par de subsegmentos de bobina.

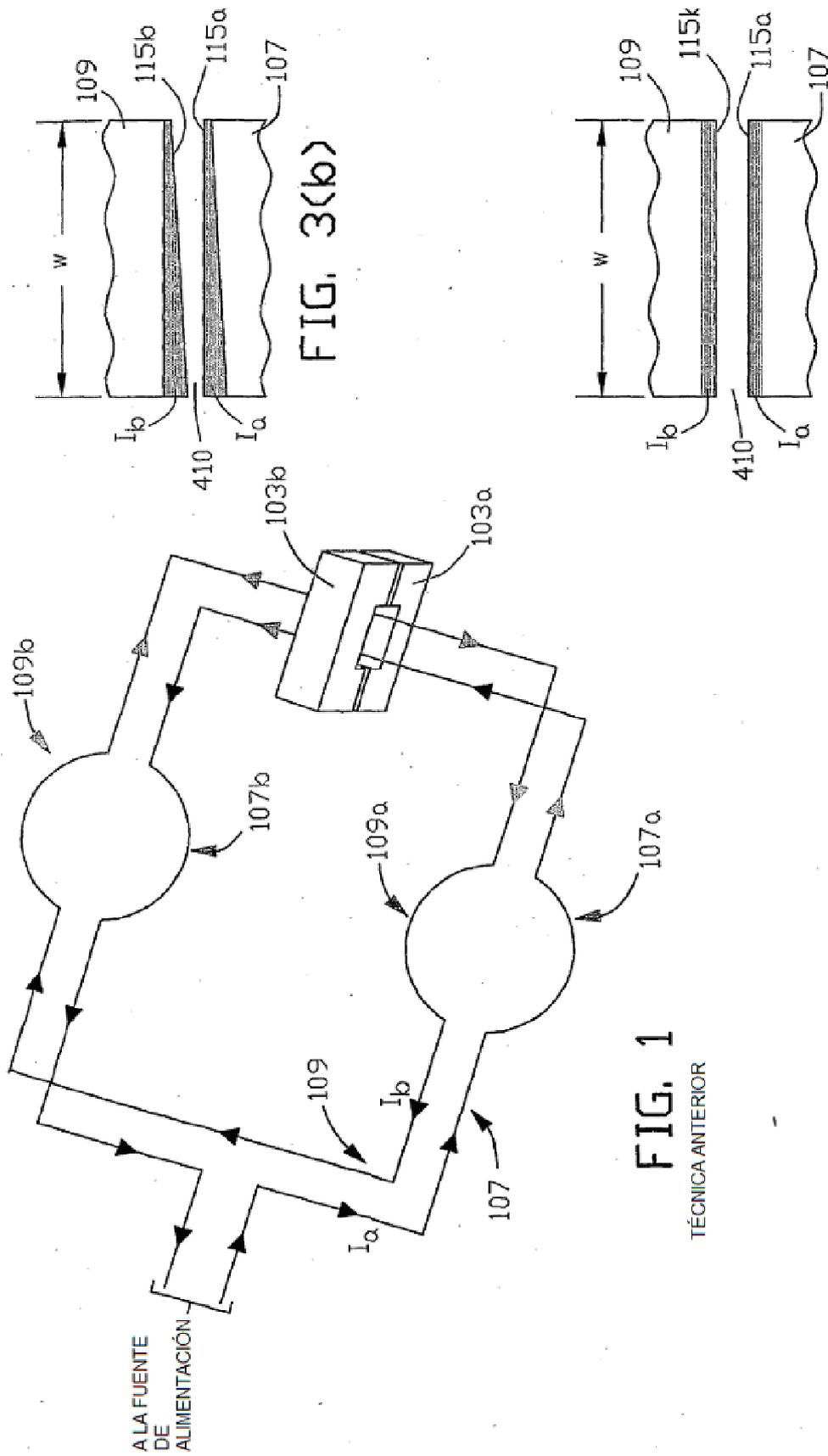


FIG. 1

TÉCNICA ANTERIOR

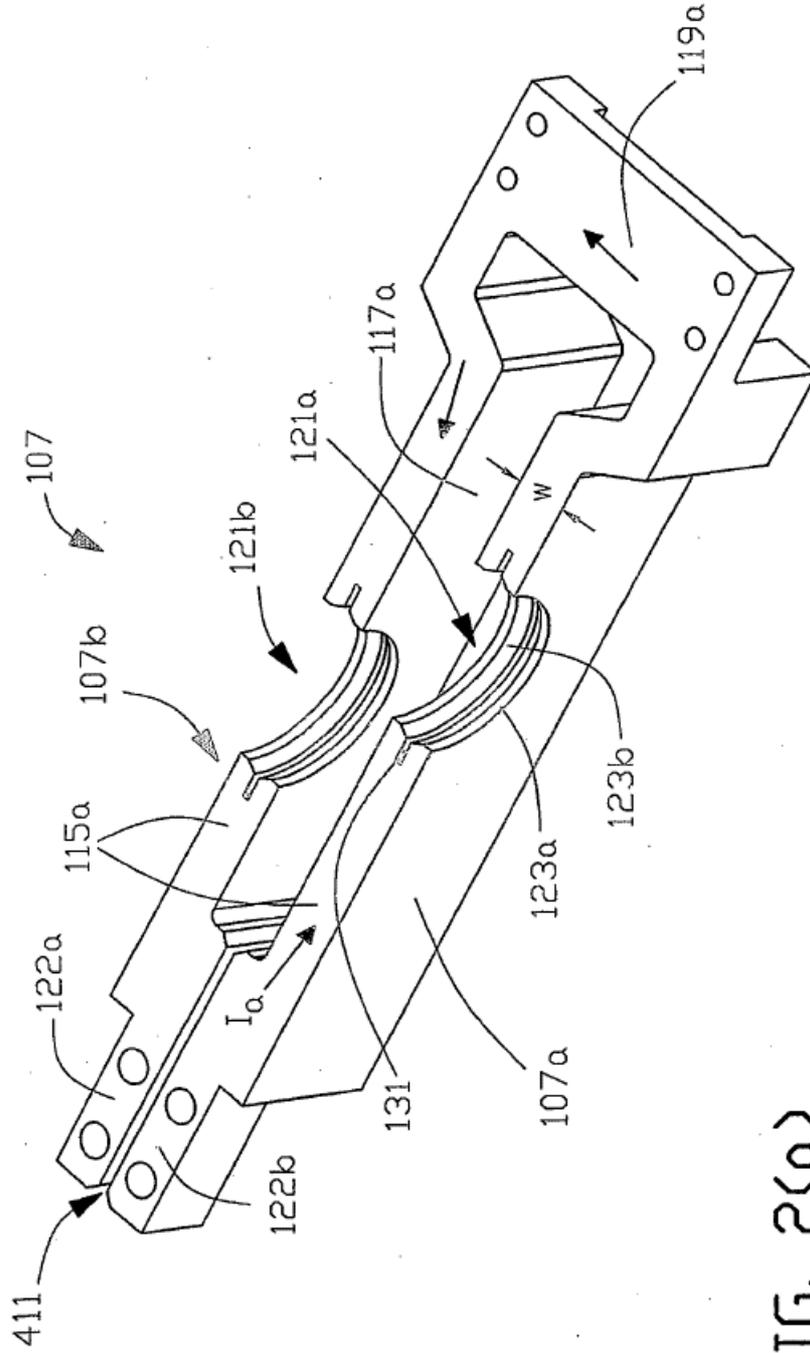


FIG. 2(a)

TÉCNICA ANTERIOR

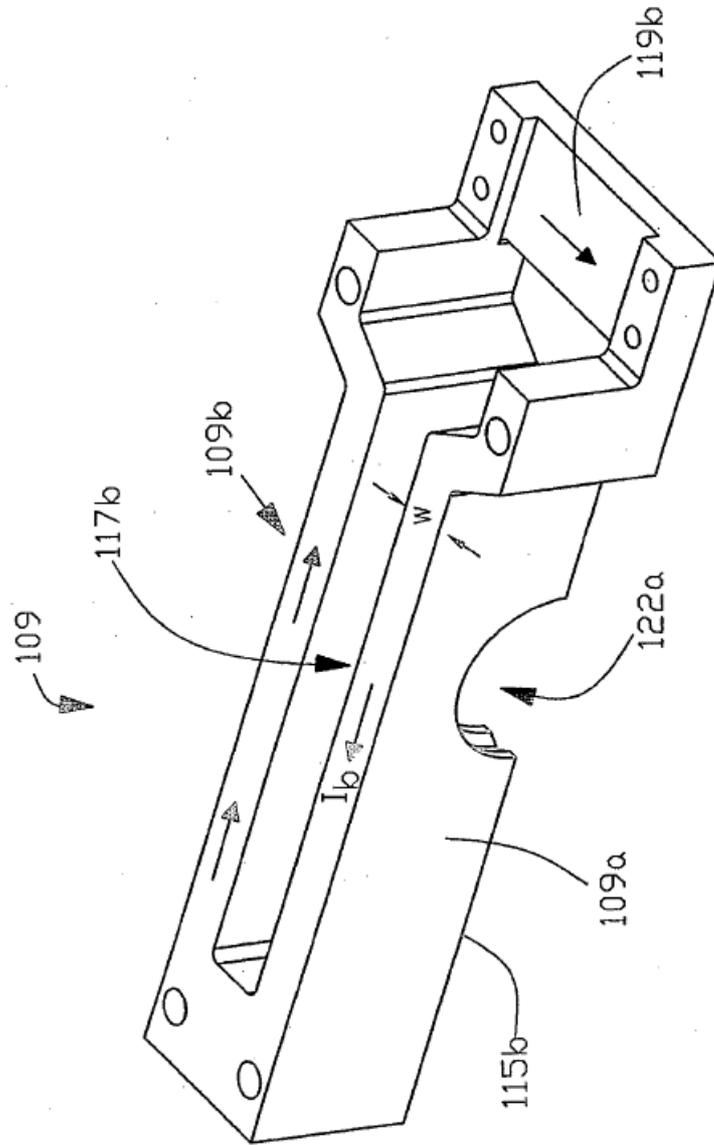


FIG. 2(b)
TÉCNICA ANTERIOR

A FUENTE DE ALIMENTACIÓN

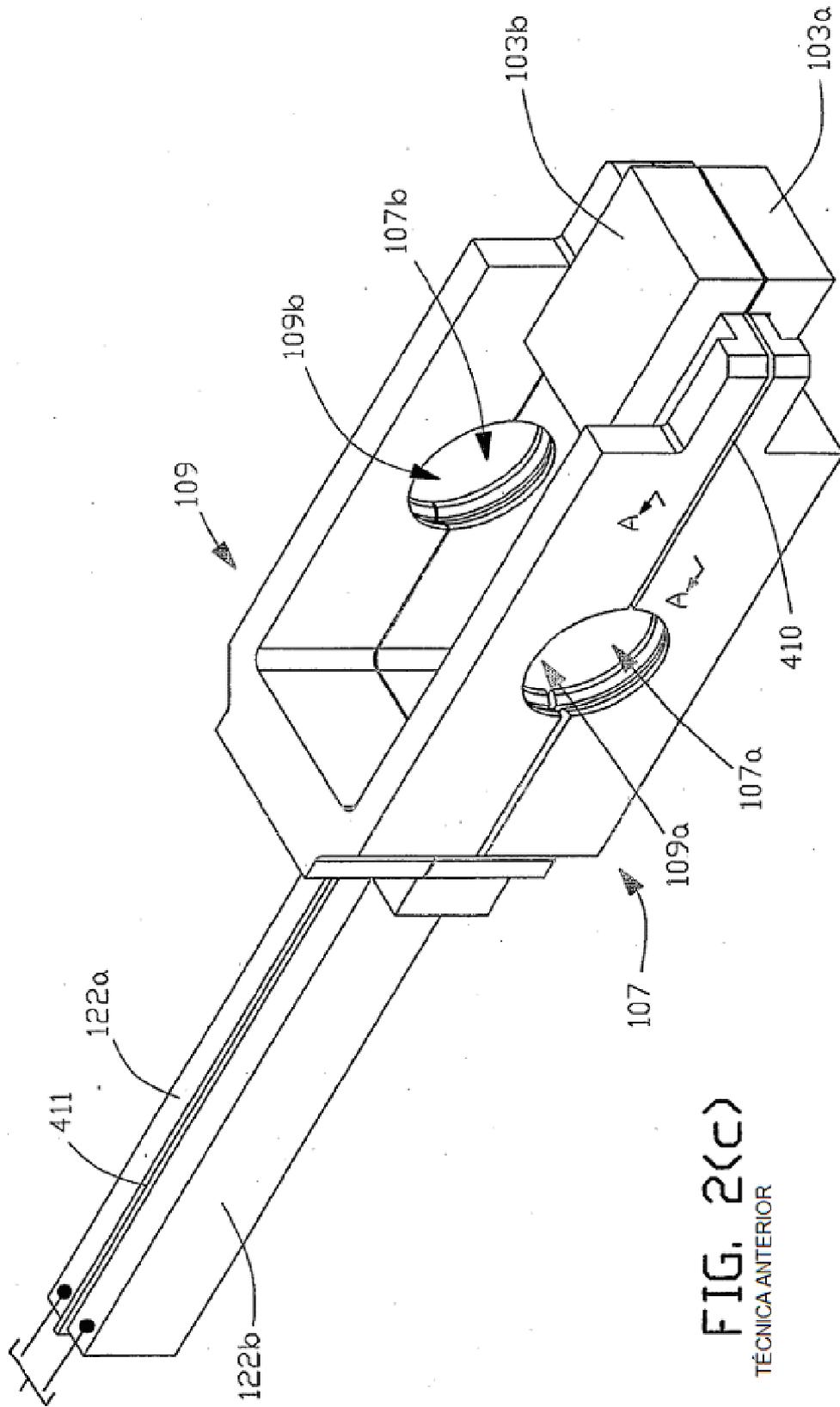


FIG. 2(c)
TÉCNICA ANTERIOR

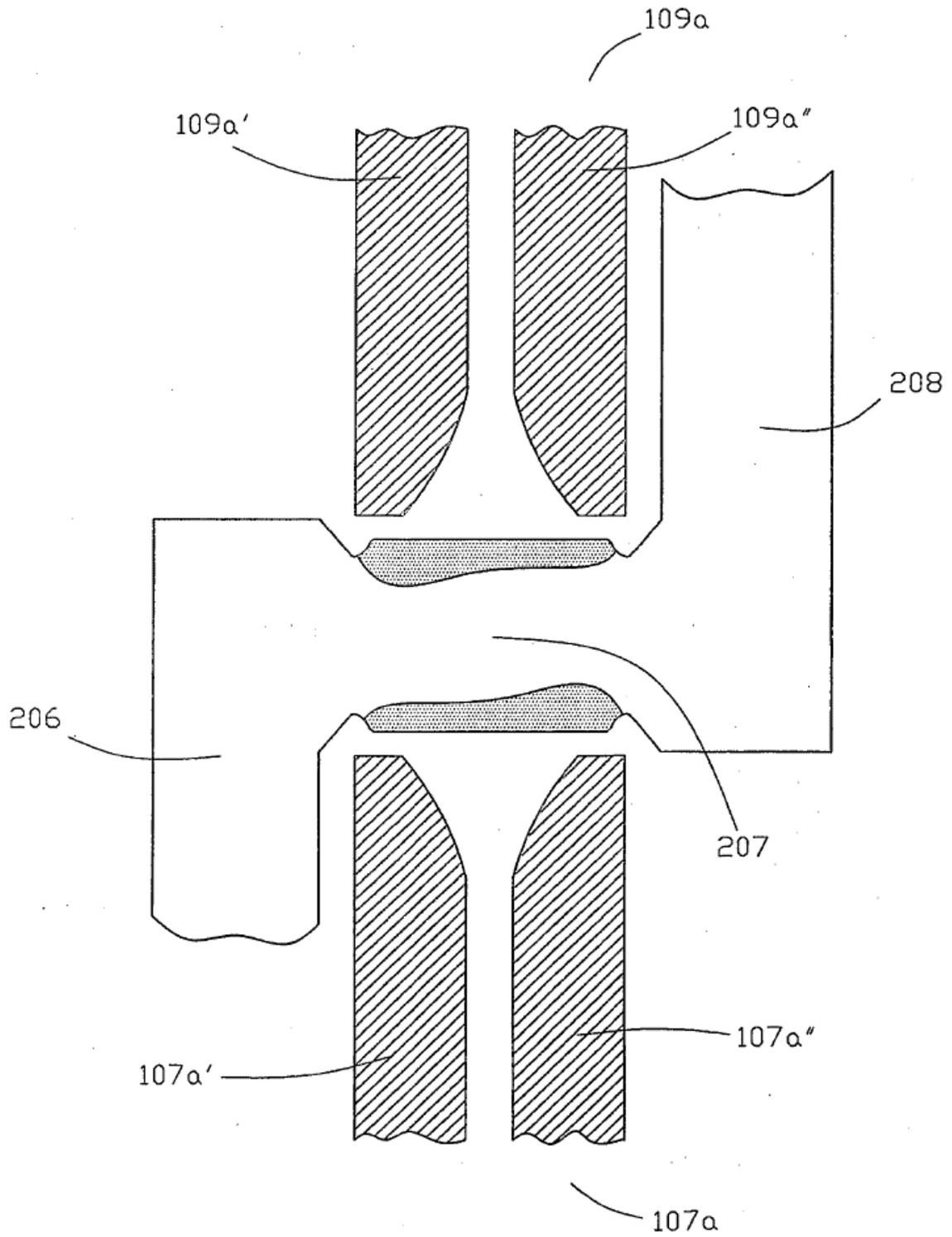


FIG. 4

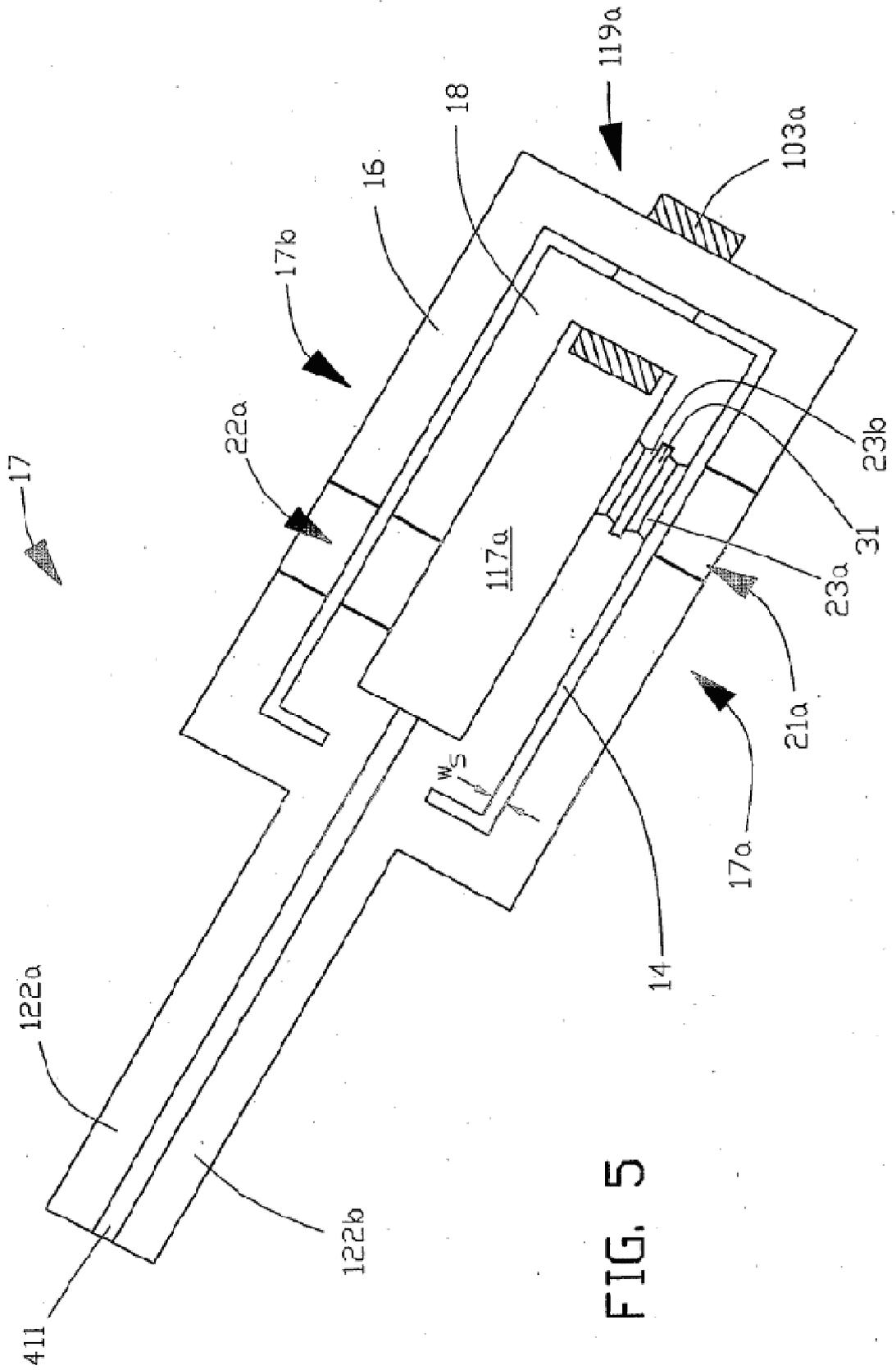


FIG. 5

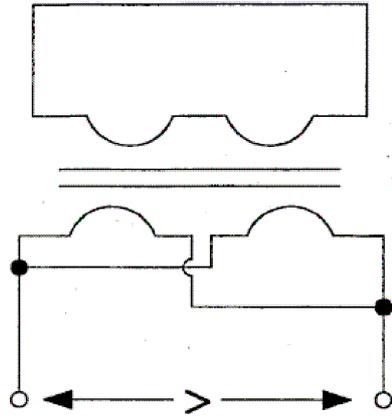


FIG. 9

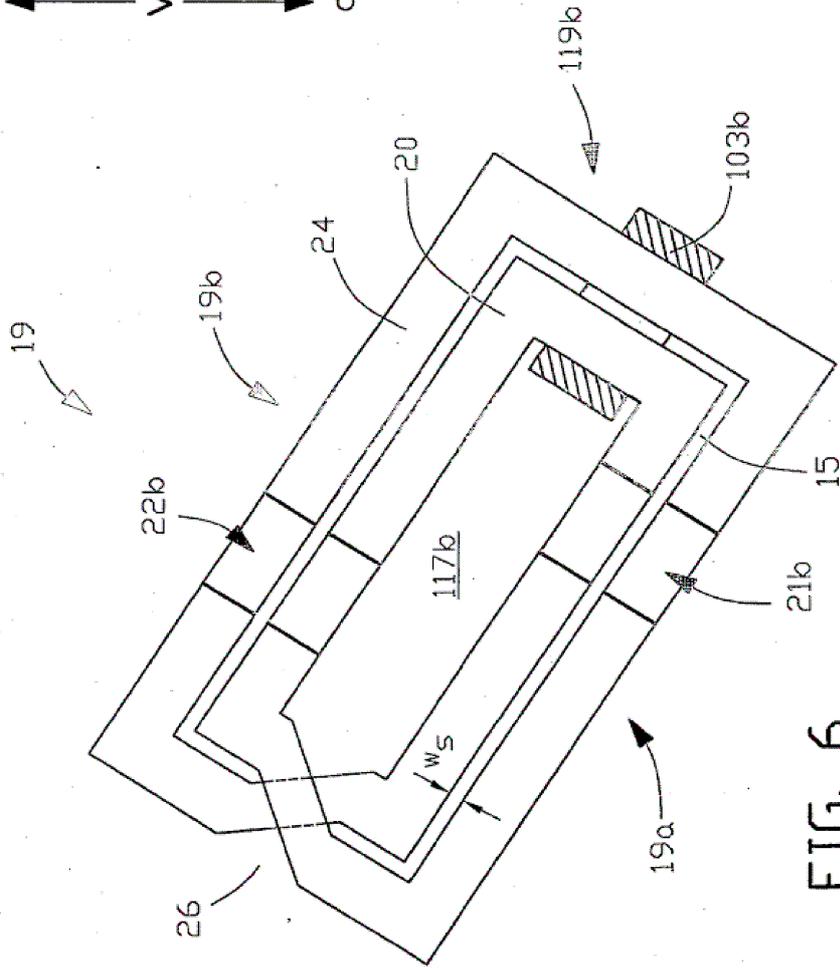


FIG. 6

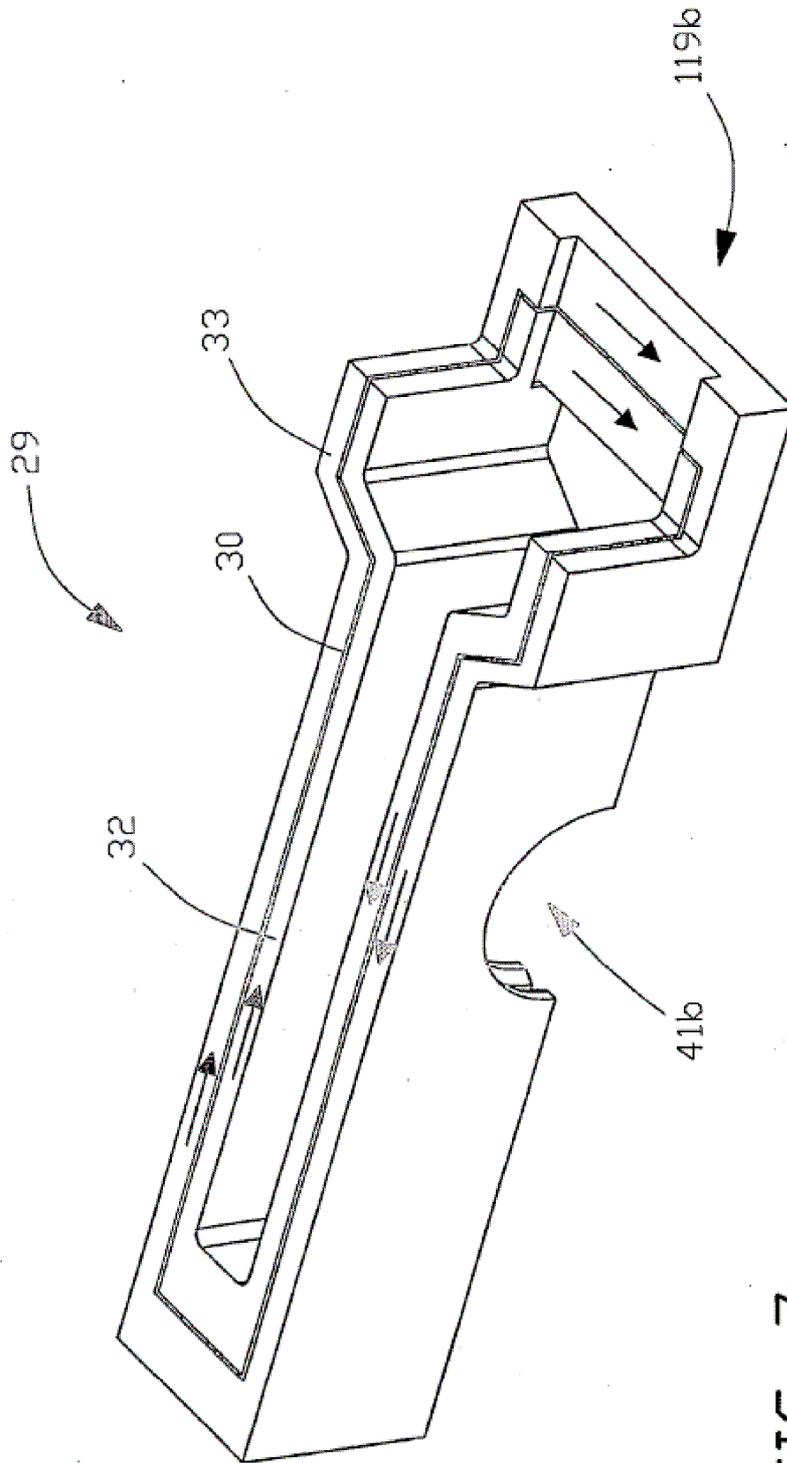


FIG. 7

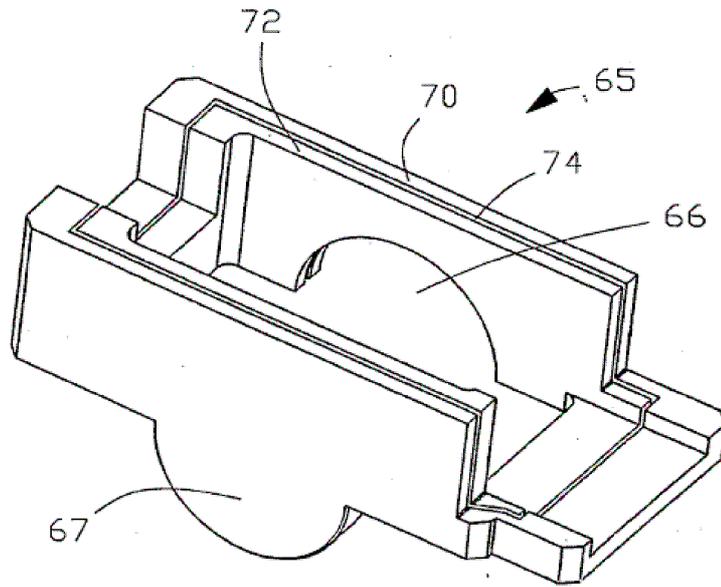


FIG. 8(b)

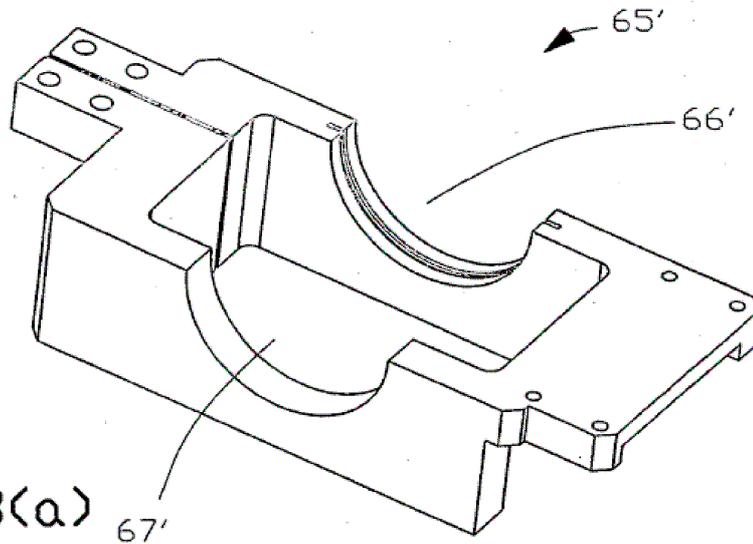


FIG. 8(a)