

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 540**

51 Int. Cl.:

H05B 6/10 (2006.01)

H05B 6/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2007 PCT/US2007/065037**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.11.2007 WO07127566**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2007 E 07759479 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017 EP 2020160**

54 Título: **Tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de material tubular**

30 Prioridad:

24.04.2006 US 794492 P

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

14.12.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LOVELESS, DON L.;
ROSS, PETER A.;
RUDNEV, VALERY I. y
LANG, JOHN PAUL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 646 540 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 eléctrica de un extremo de material tubular

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un tratamiento térmico por inducción eléctrica de las regiones extremas de un material tubular.

Antecedentes de la invención

10 Es posible usar calentamiento por inducción eléctrica para tratar térmicamente materiales tubulares, tales como tubos y tuberías metálicos. De forma típica, el material tubular se mantiene en su posición en el interior de una bobina de inducción de solenoide, tal como se muestra en la FIG. 1. Un tubo 90 se dispone en el interior de la bobina 30 de solenoide. Cuando se aplica una energía de corriente alterna adecuada en la bobina el tubo se calienta por inducción mediante conexión magnética al campo de flujo longitudinal establecido por el flujo de corriente alterna a través de la bobina. El tratamiento térmico puede ser, por ejemplo, recocido, normalizado, relajamiento de tensiones, recubrimiento, secado, endurecimiento o templado del extremo del material tubular. En otras aplicaciones, es posible usar calentamiento por inducción de extremos de productos tubulares para calentar extremos antes de realizar operaciones de conformación de metal. Algunas aplicaciones pueden requerir un calentamiento específico de una longitud específica de una parte extrema del material tubular.

15 Tal como se muestra en la FIG. 1, cuando se desea obtener un tratamiento térmico uniforme en un extremo, el material tubular se dispone en la bobina, de modo que la bobina “se extiende en voladizo” en el extremo del material. De forma general, los ejes longitudinales X de la bobina y del material tubular son coincidentes y la bobina de solenoide está conformada para coincidir con la forma del material tubular. La distancia x_{oh} de voladizo controla la forma del campo de flujo establecido en un extremo axial de la bobina más allá del extremo del material tubular, de modo que la intensidad del campo de flujo se establece en el interior del extremo del material para calentarlo de manera uniforme hasta la longitud necesaria. La distancia de voladizo adecuada se ve afectada por varios parámetros, incluyendo el diámetro exterior del material tubular, el espesor del material, las propiedades físicas y metalúrgicas y la frecuencia de la energía de corriente alterna aplicada en la bobina. Por lo tanto, son necesarias bobinas diferentes para materiales tubulares con tamaños diferentes o para el tratamiento térmico del mismo material tubular en diferentes longitudes del extremo. Pueden observarse, por ejemplo, la FIG. 2(a), la FIG. 2(b) y la FIG. 2(c), en las que se usan las mismas bobina 30 de inducción y distancia x_{oh} de voladizo para calentar por inducción un extremo de: (1) un material tubular 90a que tiene un diámetro exterior (OD) igual a OD_1 y un espesor t_1 ; (2) un material tubular 90b que tiene un diámetro exterior OD_2 que es más pequeño que OD_1 y un espesor t_1 ; y (3) un material tubular 90c que tiene un diámetro exterior OD_2 y un espesor t_2 , que es más grande que t_1 , respectivamente. Tal como se muestra en el gráfico de la FIG. 2(d), para el material tubular 90a de la FIG. 2(a), la longitud calentada 92 del extremo necesaria, la zona 94 de transición térmica y la zona fría 96 varían todas ellas. El término “longitud calentada del extremo necesaria” se refiere de forma típica a una distribución de temperatura uniforme en la longitud calentada del extremo necesaria. Debido a que el calor no puede ser inducido en una longitud del extremo del material con una transición brusca a una zona extrema de “no calor” (o fría), hay una longitud del extremo con una zona 94 de transición térmica en la que el calor disminuye gradualmente hacia la zona fría 96 debido a un efecto de “absorción” en el que el calor inducido en la longitud calentada del extremo necesaria es conducido de la longitud calentada 92 del extremo necesaria hacia la zona fría 96. El control de la longitud calentada del extremo necesaria y la longitud de la zona de transición térmica es importante en algunos procesos de tratamiento térmico. En los materiales tubulares 90b y 90c de la FIG. 2(b) y la FIG. 2(c), respectivamente, debido al efecto extremo electromagnético que se produce en el extremo de la bobina, los materiales no se calientan suficientemente a lo largo de toda la longitud de la longitud calentada 92' y 92'' del extremo necesaria, respectivamente. En el extremo del tubo hay una zona 91 poco calentada. Cuando es necesario calentar un material tubular con un OD más pequeño usando una bobina diseñada para un OD más grande, el extremo del tubo se calentará poco (zona 91) debido a la reducción de las fuentes de calor provocada por el efecto extremo electromagnético. Si el material tubular tiene la misma forma, aunque fabricado a partir de un material que tiene unas propiedades físicas o metalúrgicas diferentes, por ejemplo, un metal que tiene una resistividad eléctrica más grande, entonces el extremo del tubo también se calentará poco debido a la reducción de las fuentes de calor provocadas por el efecto extremo electromagnético.

20 De forma alternativa, una única bobina con múltiples tomas ('taps' en inglés) de conexiones de energía de corriente alterna a lo largo de la longitud de la bobina permitiría cierta flexibilidad adicional para realizar un calentamiento del extremo tubular uniforme de materiales tubulares con distintas dimensiones o composición metalúrgica. Mediante el uso de tomas adecuadas para una conexión de energía de corriente alterna, es posible cambiar la longitud con energía de la bobina para ajustar la distancia de voladizo. Desafortunadamente, existe una limitación en el uso de la distancia de voladizo de la bobina para obtener un calentamiento del extremo uniforme. Esta limitación resulta especialmente sensible al calentar metales magnéticos por debajo de la temperatura de Curie. Después de alcanzar ciertos valores, un mayor aumento en la distancia de voladizo de la bobina no compensará la ausencia de fuentes de calor provocada por el efecto extremo electromagnético. Además, grandes distancias de voladizo dan como resultado una reducción en la eficacia de la bobina y del factor de potencia de la bobina. Ambos factores afectan

negativamente la eficacia y la flexibilidad de costes de un sistema de inducción debido a las pérdidas de energía más altas y a la necesidad de usar medios especiales para la corrección del factor de potencia de la bobina.

5 Un objetivo de la presente invención consiste en mejorar la uniformidad del calentamiento de la temperatura del extremo de diversos tipos de materiales tubulares en un proceso de tratamiento térmico por inducción eléctrica en el que al menos una región extrema del material tubular se introduce en una bobina de inducción de solenoide. Otro objetivo de la presente invención consiste en mejorar la flexibilidad del sistema de calentamiento por inducción para permitir el calentamiento necesario (por ejemplo, uniforme) de productos tubulares con geometrías y materiales diferentes usando el mismo calentador por inducción.

10 GB 487385 A y DE 906959 C describen hornos de inducción eléctrica que están conformados integralmente a partir de una carcasa de control de flujo de hierro y una bobina en el interior de la carcasa y soportada por la carcasa. Además, US 6 844 533 describe un aparato de calentamiento por inducción dispuesto sobre un precinto en el interior de una lámina de aluminio que se apoya en un tapón de botella para el calentamiento inductivo del aluminio.

Breve resumen de la invención

15 La presente invención da a conocer un método de tratamiento térmico por inducción eléctrica de una región extrema de un material tubular, comprendiendo el método la etapa de introducir la región extrema del material tubular en una bobina de inducción a una distancia de voladizo de un extremo de la bobina de inducción y aplicar energía de corriente alterna en la bobina de inducción, y caracterizado por:

20 disponer un concentrador de flujo en la proximidad de la región extrema del material tubular en la bobina de inducción de modo que una barra central del concentrador de flujo se extiende generalmente desde la región central de una superficie de una base del concentrador de flujo al menos parcialmente en la distancia de voladizo, y una pluralidad de barras periféricas, distribuidas radialmente alrededor del perímetro de la base, se extienden generalmente alrededor del exterior del extremo de la bobina de inducción una distancia de barra igual a al menos una parte de la distancia de voladizo.

25 En algunos ejemplos de la invención, la al menos una barra central puede moverse con respecto a la base y la pluralidad de barras periféricas en la dirección del eje longitudinal del concentrador de flujo. En otros ejemplos de la invención, el concentrador de flujo puede incluir una pata dispuesta de forma adyacente con respecto al extremo extendido de al menos una de la pluralidad de barras periféricas. Opcionalmente, la pata es móvil en una dirección generalmente paralela con respecto a la longitud de la al menos una de la pluralidad de barras periféricas. En otros ejemplos de la invención, la base no se extiende en el interior del extremo de la bobina de inducción; de forma alternativa, un elemento de desplazamiento, dispuesto entre la superficie orientada hacia el tubo de la base y el extremo del material tubular, puede extenderse en el interior de la bobina de inducción; en cualquiera de estas disposiciones alternativas, el extremo del tubo puede disponerse contra la superficie de la base o del elemento de desplazamiento de la base, respectivamente, o puede disponerse separado de la superficie respectiva. En otros ejemplos de la invención, el concentrador de flujo puede ser un anillo o un diafragma de iris ajustable, que puede alinearse de forma selectiva con el eje longitudinal del exterior del material tubular en la bobina de inducción.

35 El anterior y otros aspectos de la invención se describen adicionalmente en esta memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

40 Tal como se resume brevemente más adelante, los dibujos adjuntos se incorporan a efectos de comprensión de la invención y no limitan la invención descrita adicionalmente en esta memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas:

La FIG. 1 muestra en un diagrama en sección un aparato de la técnica anterior para un tratamiento térmico por inducción eléctrica de un material tubular.

45 La FIG. 2(a), la FIG. 2(b) y la FIG. 2(c) muestran en diagramas en sección un aparato de la técnica anterior para un tratamiento térmico por inducción eléctrica de materiales tubulares con diferentes dimensiones.

La FIG. 2(d) compara gráficamente el calentamiento de extremo inducido de los materiales tubulares mostrados en la FIG. 2(a), en la FIG. 2(b) y en la FIG. 2(c).

La FIG. 3 muestra en un diagrama en sección un ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

50 La FIG. 4(a) y la FIG. 4(b) muestran en diagramas en sección otro ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

La FIG. 5(a) y la FIG. 5(b) muestran en diagramas en sección otro ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

La FIG. 6(a) y la FIG. 6(b) muestran en diagramas en sección otro ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

La FIG. 7(a), la FIG. 7(b) y la FIG. 7(c) muestran en una vista en alzado extrema ejemplos alternativos del concentrador de flujo magnético mostrado en la FIG. 3 con un número variable de barras periféricas.

5 La FIG. 8(a) es una vista en perspectiva del concentrador de flujo magnético mostrado en la FIG. 7(a).

La FIG. 8(b) es una vista en perspectiva de un concentrador de flujo magnético con una sección central cónica que se usa para un tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

10 La FIG. 9(a) y la FIG. 9(b) muestran en diagramas en sección otro ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular que es una realización que no forma parte de la presente invención.

La FIG. 10(a), la FIG. 10(b) y la FIG. 10(c) muestran en diagramas en sección otro ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

La FIG. 11(a) muestra en un diagrama en sección otro ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

15 La FIG. 11(b) es una vista en alzado extrema de un ejemplo de un diafragma de iris ajustable que se usa con algunos ejemplos del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

La FIG. 12 es una vista en perspectiva de otro concentrador de flujo magnético que se usa para un tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

20 La FIG. 13(a) y la FIG. 13(b) muestran en diagramas en sección otro ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

La FIG. 14(a) y la FIG. 14(b) muestran en diagramas en sección otro ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

25 La FIG. 15(a) y la FIG. 15(b) muestran en diagramas en sección otro ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención.

La FIG. 16(a), la FIG. 16(b) y la FIG. 16(c) muestran en una vista en alzado extrema ejemplos alternativos del concentrador de flujo magnético mostrado en la FIG. 12 con un número variable de barras periféricas.

30 La FIG. 17(a), la FIG. 17(b) y la FIG. 17(c) muestran otro ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención en el que el concentrador de flujo magnético tiene elementos ajustables radialmente a lo largo del eje central del material tubular.

La FIG. 18(a), la FIG. 18(b) y la FIG. 18(c) muestran la recolocación de los elementos ajustables del concentrador de flujo magnético mostrado en la FIG. 17(a), la FIG. 17(b) y la FIG. 17(c).

La FIG. 19 muestra un ejemplo del tratamiento térmico por inducción eléctrica de un extremo de un material tubular de la presente invención en el que se usa una bobina de inducción con una relación de espiras variable.

35 Descripción detallada de la invención

En la FIG. 3 se muestra un ejemplo no limitativo del aparato de tratamiento térmico por inducción eléctrica para calentar el extremo de un material tubular de la presente invención. En el extremo de un tubo, un concentrador 10 de flujo magnético comprende una base 10a que tiene una pluralidad de barras periféricas 10b y una barra central 10c que se extienden desde una superficie de la base generalmente en la dirección axial del material tubular 95, que se introduce en la bobina 30 de inducción para realizar un tratamiento térmico por inducción cuando se aplica energía de corriente alterna en la bobina. La barra central está situada interiormente con respecto al diámetro interior del material tubular. Las barras periféricas están situadas alrededor de las regiones periféricas de la base y son externas con respecto a la superficie exterior del material tubular y la bobina de inducción, tal como se muestra en la FIG. 3. El concentrador 10 puede moverse en la dirección +X o -X para adaptarse a materiales tubulares con dimensiones diferentes o para afectar a las longitudes de extremo del tratamiento térmico. El cambio de la posición del concentrador 10 con respecto a la posición fija de la bobina 30 y del material tubular 95 resulta en un calentamiento del extremo controlado de materiales tubulares con tamaños, longitudes o propiedades metalúrgicas diferentes dentro de la misma bobina.

50 Por ejemplo, la FIG. 4(a) y la FIG. 4(b) muestran el uso del mismo concentrador 10 de flujo magnético para calentar dos materiales tubulares con diámetros interiores y espesores de pared diferentes, es decir, el material tubular 95a de la FIG. 4(a), que tiene un diámetro interior más pequeño y un espesor más grande que el elemento tubular 95b

de la FIG. 4(b). En la FIG. 4(a), el extremo de la barra central 10c del concentrador 10 está situado a lo largo del eje X en la abertura interior del elemento tubular 95a una distancia x_1 para obtener la longitud calentada 92 del extremo necesaria; mientras que en la FIG. 4(b) la barra central 10c del concentrador 10 está situada a lo largo del eje X en la abertura interior del elemento tubular 95b una distancia x_2 para obtener la longitud calentada 92 del extremo necesaria. Dependiendo de los requisitos específicos de una aplicación, la distancia x_2 podría ser negativa (posición X del extremo del material tubular, estableciendo $x=0$ tal como se indica en la FIG. 4(b)); es decir, el extremo 10c_{end} de la barra central 10c puede estar situado a cierta distancia fuera del tubo en la región de voladizo de la bobina.

La FIG. 5(a) y la FIG. 5(b) muestran otro ejemplo no limitativo de la presente invención. En estos ejemplos de la invención, el concentrador 11 comprende un elemento 11a de base, una pluralidad de barras periféricas 11b y una barra central 11c. De forma adicional, la base y las barras periféricas tienen una posición fija, además de la bobina 30 de solenoide y el material tubular 95c o 95d. La base y las barras periféricas rodean al menos una parte de la longitud longitudinal de la bobina 30. Opcionalmente, un elemento 11d de pata puede estar dispuesto en una o más de las barras periféricas. En este ejemplo, el elemento 11d de pata está situado en el extremo extendido de cada barra periférica y está orientado hacia el exterior del material tubular. La barra central 11c puede moverse en las direcciones +X y -X, a lo largo del eje X. Tal como se muestra en la FIG. 5(a), el extremo de la barra central 11c está situado a lo largo del eje X en la abertura interior del elemento tubular 95c una distancia x_3 para obtener la longitud calentada 92 del extremo necesaria; mientras que en la FIG. 5(b) la barra central 11c del concentrador 11 está situada a lo largo del eje X en la abertura interior del elemento tubular 95d una distancia x_4 para obtener la longitud calentada 92 del extremo necesaria. Dependiendo de los requisitos específicos de una aplicación, la distancia x_4 podría ser negativa; es decir, el extremo 11c_{end} de la barra central 11c puede estar situado a cierta distancia fuera del tubo en la región de voladizo de la bobina.

La FIG. 6(a) y la FIG. 6(b) muestran otro ejemplo no limitativo de la presente invención. Estos ejemplos son similares a los de la FIG. 5(a) y la FIG. 5(b), excepto por el hecho de que el elemento 11d de pata puede moverse en una dirección generalmente paralela con respecto a la longitud del elemento de barra periférica adyacente. Este ejemplo de la presente invención resulta especialmente útil para controlar la longitud 94 de transición térmica. Tal como se muestra en la FIG. 6(a), el elemento 11d de pata está situado a lo largo del elemento de barra periférica a una distancia x'_5 del extremo extendido del elemento de barra periférica para obtener la longitud calentada 92 del extremo necesaria; mientras que en la FIG. 6(b) el elemento 11d de pata está situado en x'_0 , que se define como el extremo del elemento de barra periférica. En otros ejemplos de la invención, es posible usar una combinación de movimiento del elemento 11d de pata y de la barra central 11c que se han descrito anteriormente.

En otros ejemplos no limitativos de la invención, cualquiera de los concentradores de flujo puede ser un concentrador en forma de "E" que comprende un par de barras periféricas, tal como se muestra en la FIG. 7(a) y en la FIG. 8(a) o en la FIG. 8(b). En otros ejemplos de la invención, el número de barras periféricas puede aumentar, por ejemplo, a cuatro o seis, tal como se muestra en la FIG. 7(b) y en la FIG. 7(c), respectivamente, o cualquier otro número de barras. Aunque las barras periféricas se muestran como elementos rectangulares curvados en la FIG. 8(a) y en la FIG. 8(b), las mismas pueden tener formas diferentes, siempre que establezcan un campo magnético alrededor del extremo del material tubular en el interior de la bobina de inducción. Como limitación, el número de barras puede aumentar hasta un estado en el que las barras periféricas generan una estructura de barra periférica cilíndrica alrededor del elemento de base del concentrador. Aunque los elementos de base de los anteriores concentradores de flujo se muestran como discos circulares en la FIG. 7(a) a la FIG. 7(c), en la FIG. 8(a) y en la FIG. 8(b), los mismos pueden tener otras formas dependiendo del material tubular específico a tratar térmicamente por inducción. Aunque la barra central se muestra como un único elemento cilíndrico en algunos de los ejemplos anteriores de la invención, la barra central puede tener formas diferentes, por ejemplo, cónica, tal como se muestra en la FIG. 8(b), y puede consistir en múltiples elementos de barra central que establecen un campo magnético compuesto alrededor del extremo del material tubular.

La FIG. 9(a) y la FIG. 9(b) muestran realizaciones que no forman parte de la presente invención, especialmente indicadas para usar con un material tubular de baja resistividad (por ejemplo, composiciones de cobre, latón o aluminio). En el ejemplo de la FIG. 9(a) no se usa un elemento de barra central. El concentrador 13 comprende un elemento 13a de base y una pluralidad de barras periféricas 13b, teniendo cada una de las mismas un elemento 13d de pata opcional situado de forma adyacente a su extremo extendido. El elemento 13a de base es un anillo en este ejemplo no limitativo de la invención. De forma alternativa, el elemento 13a de base puede ser un diafragma de iris ajustable con una abertura u orificio ajustable, tal como se muestra en la FIG. 11(b). La base, las barras periféricas y las patas tienen una posición fija, además de la bobina 30 de solenoide y el material tubular 95g. La base, las barras periféricas y las patas rodean al menos una parte de la longitud longitudinal de la bobina 30. El extremo del material tubular 95g está alineado con respecto a la superficie enfrentada del elemento 13a de base y, en consecuencia, no existe ninguna distancia de voladizo. Aunque la FIG. 9(a) y la FIG. 9(b) muestran el extremo del material tubular 95g y 95h, respectivamente, alineado con el elemento de base 13a y 13a' del concentrador de flujo, respectivamente, en otros ejemplos de la invención, el extremo del tubo puede estar desplazado con respecto a la superficie de la base y el diámetro d_1 del orificio anular puede ser más pequeño que el diámetro interior del material tubular en el interior de la bobina de inducción. La disposición mostrada en la FIG. 9(b) es similar a la disposición de la FIG. 9(a) excepto por el hecho de que el elemento 13a' de base del concentrador 13' es un disco cilíndrico sólido.

La FIG. 10(a), la FIG. 10(b) y la FIG. 10(c) muestran ejemplos de la presente invención que resultan especialmente indicados para usar con un material tubular de alta resistividad (por ejemplo, grafito o composiciones cerámicas conductoras eléctricas). En el ejemplo de la FIG. 10(a) no se usa un elemento de barra central. El concentrador 14 comprende un elemento 14a de base y una pluralidad de barras periféricas 14b, teniendo cada una de las mismas un elemento 14d de pata opcional situado de forma adyacente a su extremo extendido. El elemento 14a de base es un anillo en este ejemplo no limitativo de la invención y tiene un elemento 14e de desplazamiento anular que se extiende alrededor de su abertura en el lado orientado hacia el tubo del elemento de base para extender el elemento de base en el interior de la región de voladizo. Durante el proceso de calentamiento, todos los elementos del concentrador 14 tienen una posición fija, además de la bobina 30 de solenoide y el material tubular 95j. El extremo del material tubular 95j está alineado con respecto a la superficie enfrentada del elemento 14e de desplazamiento anular. La disposición mostrada en la FIG. 10(b) es similar a la disposición de la FIG. 10(a) excepto por el hecho de que el elemento 14a' de base del concentrador 14' es un disco cilíndrico sólido. La disposición mostrada en la FIG. 10(c) es similar a la disposición mostrada en la FIG. 10(b) excepto por el hecho de que el elemento 14e'' de desplazamiento del concentrador 14'' es un disco cilíndrico sólido.

La FIG. 11(a) y la FIG. 11(b) muestran ejemplos de la presente invención especialmente indicados para usar con un material tubular de baja resistividad. En estos ejemplos, en el extremo de un tubo, el concentrador de flujo comprende un anillo fijo 15, tal como se muestra en la FIG. 11(a), o un diafragma 15' de iris ajustable, tal como se muestra en la FIG. 11(b), que funciona efectivamente como un anillo con una abertura variable para su adaptación a un calentamiento por inducción de materiales tubulares con propiedades y características físicas diferentes. La FIG. 11(b) muestra un ejemplo típico, aunque no limitativo, de un diafragma de iris ajustable en el que unas palas 15'a están unidas de forma giratoria a una estructura 15'b de montaje, de modo que el giro de las palas resulta en un aumento o en una disminución del tamaño de una abertura 15'c. Los ejes centrales del anillo 15 y del diafragma 15' pueden estar alineados con el eje central de la bobina de inducción o del tubo dentro de la bobina de inducción. Tal como se muestra en la FIG. 11(a), es posible usar una distancia de voladizo cuando se usa el anillo o diafragma, o el extremo del tubo puede estar en contacto con la superficie del anillo o diafragma. El radio fijo del anillo 15 o el radio variable del diafragma 15' puede oscilar de un tamaño más pequeño que el diámetro interior del material tubular a la dimensión interior (p. ej., diámetro) de la bobina de inducción.

Cuando se usa un elemento de barra central en otros ejemplos de la invención, el elemento de barra central puede comprender una pluralidad de estructuras que forman colectivamente un elemento de barra central para establecer una trayectoria de flujo específica alrededor del eje central del material tubular. Por ejemplo, en la FIG. 12, el concentrador 20 de flujo magnético comprende una base 20a, unas barras periféricas 20b y una barra central 20c, comprendiendo la barra central 20c cuatro elementos 20c' de cuña dispuestos simétricamente alrededor de un eje central. Cada elemento 20c' de cuña tiene un elemento 20a' de pata de base que se extiende de forma sustancialmente perpendicular desde un extremo (al que se hace referencia como el extremo convergente) del elemento de cuña para formar colectivamente la base 20a. La barra periférica 20b se extiende desde el extremo opuesto (al que se hace referencia como el extremo divergente) de cada elemento de cuña, tal como se muestra en la FIG. 12 y en la FIG. 16(a). En otros ejemplos de la invención, el número de barras periféricas puede aumentar, por ejemplo, a cuatro o seis, tal como se muestra en la FIG. 16(b) y en la FIG. 16(c), respectivamente, o cualquier otro número de barras.

La FIG. 13(a) y la FIG. 13(b) muestran ejemplos de un concentrador 20 en el que se usan dos barras periféricas 20b. La disposición y la configuración son similares a las de la FIG. 4(a) y la FIG. 4(b), respectivamente, excepto por el hecho de que en la FIG. 4(a) y en la FIG. 4(b) se usan una base cilíndrica 10a y una barra central 10c. En la FIG. 13(a) el extremo de la barra central 20c (que comprende dos elementos 20c' de cuña) está situado alrededor del eje X en la abertura interior del elemento tubular 95p una distancia x_1 para obtener la longitud calentada 92 del extremo necesaria; mientras que en la FIG. 13(b) la barra central 20c del concentrador 20 está situada a lo largo del eje X en la abertura interior del elemento tubular 95q una distancia x_2 para obtener la longitud calentada 92 del extremo necesaria. Dependiendo de los requisitos específicos de una aplicación, la distancia x_2 podría ser negativa; es decir, el extremo 20c_{end} de la barra central 20c puede estar situado a cierta distancia fuera del tubo en la región de voladizo de la bobina.

La FIG. 14(a) y la FIG. 14(b) muestran ejemplos de un concentrador 21 en el que las barras periféricas 21b y los elementos 21d de pata opcionales son fijos, mientras que el elemento 21a de base (que comprende dos elementos 21a' de pata de base) y la barra central 21c (que comprende dos elementos 21c' de cuña) pueden moverse en las direcciones +X y -X. La disposición y la configuración son similares a las de la FIG. 5(a) y la FIG. 5(b), respectivamente, excepto por el hecho de que en la FIG. 5(a) y en la FIG. 5(b) se usan una base cilíndrica 11a y una barra central 11c, y solamente la barra central es móvil. Tal como se muestra en la FIG. 14(a), el extremo de la barra central 21c está situado a lo largo del eje X en la abertura interior del elemento tubular 95r una distancia x_3 para obtener la longitud calentada 92 del extremo necesaria; mientras que en la FIG. 14(b) la barra central 21c del concentrador 21 está situada a lo largo del eje X en la abertura interior del elemento tubular 95s una distancia x_4 para obtener la longitud calentada 92 del extremo necesaria.

La FIG. 15(a) y la FIG. 15(b) muestran ejemplos de un concentrador 25 en el que las barras periféricas 25b son fijas, mientras que los elementos 25d de pata son móviles en una dirección generalmente paralela con respecto a la longitud de su barra periférica adyacente. La disposición y la configuración son similares a lo mostrado en la FIG.

6(a) y en la FIG. 6(b), respectivamente, excepto por el hecho de que en la FIG. 6(a) y en la FIG. 6(b) se usan una base 11a y una barra central 11c. Tal como se muestra en la FIG. 15(a), el elemento 25d de pata está situado a lo largo del elemento 25b de barra periférica a una distancia x'_5 del extremo extendido del elemento de barra periférica para obtener la longitud calentada 92 del extremo necesaria; mientras que en la FIG. 15(b) el elemento 25d de pata está situado en x'_0 , que se define como la posición del extremo extendido del elemento de barra periférica. En otros ejemplos de la invención, es posible usar una combinación de movimiento de los elementos 25d de pata y del elemento 25a' de base (que comprende dos elementos 25a' de base) y de la barra central 25c (que comprende dos elementos 25c' de cuña), que se han descrito anteriormente.

En otros ejemplos de la invención, puede llevarse a cabo el movimiento radial de componentes seleccionados del concentrador de flujo magnético alrededor del eje central del material tubular, con o sin el movimiento de uno o más de los componentes del concentrador a lo largo del eje X. Es posible usar elementos mecánicos adecuados para obtener el movimiento radial. A título de ejemplo, y de forma no limitativa, la FIG. 17(a), la FIG. 17(b) y la FIG. 17(c) muestran un ejemplo de la presente invención en el que componentes seleccionados del concentrador de flujo magnético se mueven radialmente alrededor del eje central (longitudinal) del material tubular. Dicho movimiento puede resultar útil para su adaptación a un material tubular con diámetros diferentes, tal como se describe de forma más detallada más adelante. Haciendo referencia a estas figuras, el concentrador 22 de flujo magnético ilustrativo es similar al concentrador 20 mostrado en la FIG. 13(a) y en la FIG. 13(b), excepto por los siguientes cambios. Hay seis barras periféricas 22b situadas alrededor de la bobina 30 de inducción, además de elementos 22d de pata opcionales. Cada elemento 22a' de pata de base y elemento 22c' de cuña son móviles radialmente alrededor del eje central A-A' del material tubular. Los seis elementos de pata de base están unidos a un elemento 44 de soporte estructural mediante unos ejes 46 de leva a través de unas ranuras en un seguidor 40 de leva y una placa 42 de leva (47 y 45, respectivamente). La placa 42 de leva puede girar libremente entre el elemento 44 de soporte estructural y el seguidor 40 de leva, de modo que los ejes 46 de leva deslizan cada elemento 22a' de pata de base y cada elemento 22c' de cuña en acercamiento o en alejamiento con respecto al eje central. La FIG. 18(a), la FIG. 18(b) y la FIG. 18(c) muestran el efecto de giro del árbol 42 de leva mediante un brazo 48 de accionamiento en dirección anti horaria, de la FIG. 18(a) a la FIG. 18(c). A medida que el material tubular disminuye su diámetro del tubo 95x en la FIG. 18(a) al tubo 95z en la FIG. 18(c), los elementos 22c' de cuña y los elementos 22a' de pata de base se mueven radialmente hacia el eje central, de modo que los elementos de cuña pueden seguir introduciéndose en el interior del material tubular con un intersticio radial mínimo a medida que el diámetro interior del material tubular disminuye.

Cualquiera de los concentradores de flujo de la presente invención puede combinarse con una bobina de inducción de espiras variables, teniendo la bobina de inducción una relación de espiras más densa (número de espiras por unidad de longitud, L) alrededor de la zona 94 de transición térmica que en la longitud calentada 92 del extremo, tal como se muestra en la FIG. 19.

Las características del concentrador de flujo magnético de la presente invención mostradas en ejemplos separados de la invención pueden combinarse en otros ejemplos de la invención. En todos los ejemplos de la invención, el concentrador de flujo magnético puede estar conformado en cualquier material adecuado magnéticamente conductor (alta permeabilidad) y que tiene una resistividad eléctrica relativamente alta (baja pérdida de energía). El concentrador de flujo magnético puede tener forma de un apilamiento laminado de material magnético, ferrita, materiales en polvo basados en hierro y basados en ferrita, y puede ser moldeado o montado en partes.

En todos los ejemplos de la invención, el término "material tubular" incluye tuberías y tubos, aunque también incluye cualquier material que tiene un eje longitudinal (central) y una abertura interior. Por ejemplo, el material tubular puede tener una sección rectangular y puede tener una abertura interior rectangular correspondiente; en este ejemplo de la invención, la barra central puede tener una forma rectangular para su introducción en la abertura rectangular en el material tubular.

En todos los ejemplos de la invención, el movimiento del concentrador de flujo magnético puede obtenerse mediante cualquier método, incluyendo, aunque no de forma limitativa, el movimiento de un operario humano o unos medios de accionamiento lineales, tales como una transmisión eléctrica o hidráulica. En algunos ejemplos de la invención, es posible obtener un movimiento adicional manualmente o automáticamente. Por ejemplo, unos detectores pueden detectar las dimensiones del material tubular a tratar térmicamente y enviar una señal a un procesador que ejecuta un programa para mover de forma adecuada la posición del concentrador. Los detectores pueden ser detectores de proximidad que, por ejemplo, detectan la posición del exterior y/o del interior del material tubular a tratar térmicamente. En otros ejemplos de la invención, un operario humano puede introducir datos en un procesador a través de un dispositivo de entrada adecuado, tal como un teclado, para identificar el material tubular a tratar térmicamente, y el concentrador de flujo se moverá según un valor de posición almacenado. En otros ejemplos de la invención es posible usar detectores para detectar en tiempo real temperaturas de calentamiento del extremo puntuales, por ejemplo, mediante pirómetros, detectores de infrarrojos u otros detectores por imagen térmicos, para detectar el calentamiento del extremo puntual en tiempo real, a efectos de ajustar de manera adaptable la posición radial y axial del concentrador. Esta alternativa permitiría una adaptación a anomalías metalúrgicas en un material tubular con un tamaño específico y ajustar la posición del concentrador de forma correspondiente.

En los anteriores ejemplos de la invención se muestra una bobina de una única capa de múltiples espiras. No obstante, la invención no se limita a un tipo específico de diseño de bobina. Por ejemplo, es posible usar una bobina

de una única espira, múltiples capas de bobinas o múltiples bobinas conectadas a una pluralidad de fuentes de energía con el aparato de la presente invención.

5 Dependiendo de la aplicación y de los requisitos del proceso, es posible usar diferentes diseños de concentradores de flujo. Por ejemplo, los apilamientos de laminación pueden ser un elemento circular continuo, o pueden estar fabricados a partir de múltiples apilamientos. Dependiendo de la aplicación y de los factores específicos de los requisitos del proceso: es posible usar formas de "C" (elemento de base y dos barras periféricas sin ninguna barra central); de doble "C" (elemento de base y cuatro barras periféricas sin ninguna barra central); de "T" (elemento de base y barra central sin barras periféricas); o un concentrador de flujo en forma de "I" laminado o conformado a partir de polvo, o cualquier combinación de las anteriores formas, en vez de un concentrador en forma de "E".

10 Aunque los anteriores ejemplos de la invención describen mantener la posición de la bobina de solenoide constante, en otros ejemplos de la invención es posible usar una combinación del movimiento de la bobina de solenoide y del concentrador de flujo magnético de extremo descritos en cualquiera de los anteriores ejemplos de la invención sin desviarse del alcance de la invención. En otros ejemplos de la invención, cualquiera de los concentradores y/o material tubular de los anteriores ejemplos de la invención pueden girar durante el proceso de tratamiento térmico por inducción.

15 El término "bobina de inducción de solenoide" usado en la invención se entenderá en su significado más amplio como cualquier combinación de una o más bobinas de inducción en las que se genera un campo magnético cuando una corriente alterna pasa a través de la bobina o bobinas de inducción, y el campo magnético se asocia al extremo de un material tubular introducido en la bobina o bobinas de inducción. La invención no se limita a una configuración geométrica específica de una bobina de inducción.

20 En todos los ejemplos de la invención, ambos extremos de un material tubular pueden calentarse por inducción al mismo tiempo introduciendo toda la longitud del material tubular en una bobina de inducción de solenoide, de modo que se establece una distancia de voladizo en ambos extremos del material tubular.

25 Los anteriores ejemplos de la invención se han mostrado simplemente a efectos ilustrativos y no se considerarán en ningún modo como limitativos de la presente invención. Aunque la invención se ha descrito haciendo referencia a diversas realizaciones, las palabras usadas en la presente memoria son palabras descriptivas e ilustrativas, en vez de palabras limitativas. Aunque la invención se ha descrito en la presente memoria haciendo referencia a medios, materiales y realizaciones específicos, no se pretende que la invención se limite a los factores específicos descritos en la presente memoria; de hecho, la invención se extiende a todas las estructuras, métodos y usos equivalentes funcionalmente. Gracias a lo descrito en esta memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, los expertos en la técnica pueden llevar a cabo numerosas modificaciones y cambios sin apartarse del alcance de la invención en sus aspectos.

REIVINDICACIONES

1. Método de tratamiento térmico por inducción eléctrica de una región extrema de un material tubular (95), comprendiendo el método la etapa de
- 5 introducir la región extrema del material tubular en una bobina (30) de inducción a una distancia de voladizo de un extremo de la bobina de inducción y aplicar energía de corriente alterna en la bobina de inducción,
- y caracterizado por:
- 10 disponer un concentrador (10, 11, 20, 21) de flujo en la proximidad de la región extrema del material tubular en la bobina de inducción de modo que una barra central (10c) del concentrador de flujo se extiende generalmente desde la región central de una superficie de una base (10a) del concentrador de flujo al menos parcialmente en la distancia de voladizo, y una pluralidad de barras periféricas (10b), distribuidas radialmente alrededor del
- perímetro de la base, se extienden generalmente alrededor del exterior del extremo de la bobina de inducción una distancia de barra igual a al menos una parte de la distancia de voladizo.
2. Método según la reivindicación 1, que incluye las etapas de mantener las posiciones de la base y la pluralidad de barras periféricas constantes y mover la barra central (11c) a lo largo del eje longitudinal del concentrador de flujo
- 15 para ajustar la posición de la barra central con respecto a las posiciones de la base (11a) y la pluralidad de barras periféricas (11b).
3. Método según la reivindicación 1, en el que la base comprende una pluralidad de patas (20a' o 21a') de base distribuidas radialmente alrededor del eje longitudinal del concentrador de flujo, comprendiendo la barra central una pluralidad de cuñas (20c', 21c'), extendiéndose cada una de la pluralidad de cuñas de forma generalmente
- 20 perpendicular con respecto al lado orientado hacia el tubo del extremo convergente de una de la pluralidad de patas de base y extendiéndose cada una de la pluralidad de barras periféricas (20b, 21b) de forma generalmente perpendicular desde el lado orientado hacia el tubo del extremo divergente de cada una de la pluralidad de patas de base.
4. Método según la reivindicación 1 o 3, que incluye la etapa de mover el concentrador (10, 20) de flujo generalmente a lo largo del eje longitudinal del concentrador de flujo para ajustar la posición del concentrador de flujo con respecto a las posiciones fijas de la región extrema del material tubular (95 o 95p, 95q) y la bobina (30) de
- 25 inducción.
5. Método según la reivindicación 3, que incluye las etapas de mantener las posiciones de la pluralidad de barras periféricas (21b) constantes y mover la barra central (21c') y la base (21a') a lo largo del eje longitudinal del concentrador de flujo para ajustar las posiciones de la barra central y la base a las posiciones fijas de la región extrema del material tubular (95r, 95s) y la bobina (30) de inducción.
- 30
6. Método según la reivindicación 1 o 3, que incluye las etapas de disponer una pata (11d, 21d, 25d) de concentrador de flujo en un extremo de al menos una de las barras periféricas (11b, 21b, 25b) a la distancia de barra y orientar la pata de concentrador de flujo hacia el exterior del material tubular (95c, 95e, 95f, 95r, 95s, 95t, 95u).
- 35
7. Método según la reivindicación 6, que incluye la etapa de mover la pata (11d, 25d) de concentrador de flujo sustancialmente en paralelo con respecto a la longitud de la al menos una de las barras periféricas (11b, 25b).
8. Método según la reivindicación 3, que incluye la etapa de mover la pluralidad de patas (21a') de base y cuñas (21c') en una dirección sustancialmente perpendicular con respecto al eje longitudinal del concentrador (21) de flujo.

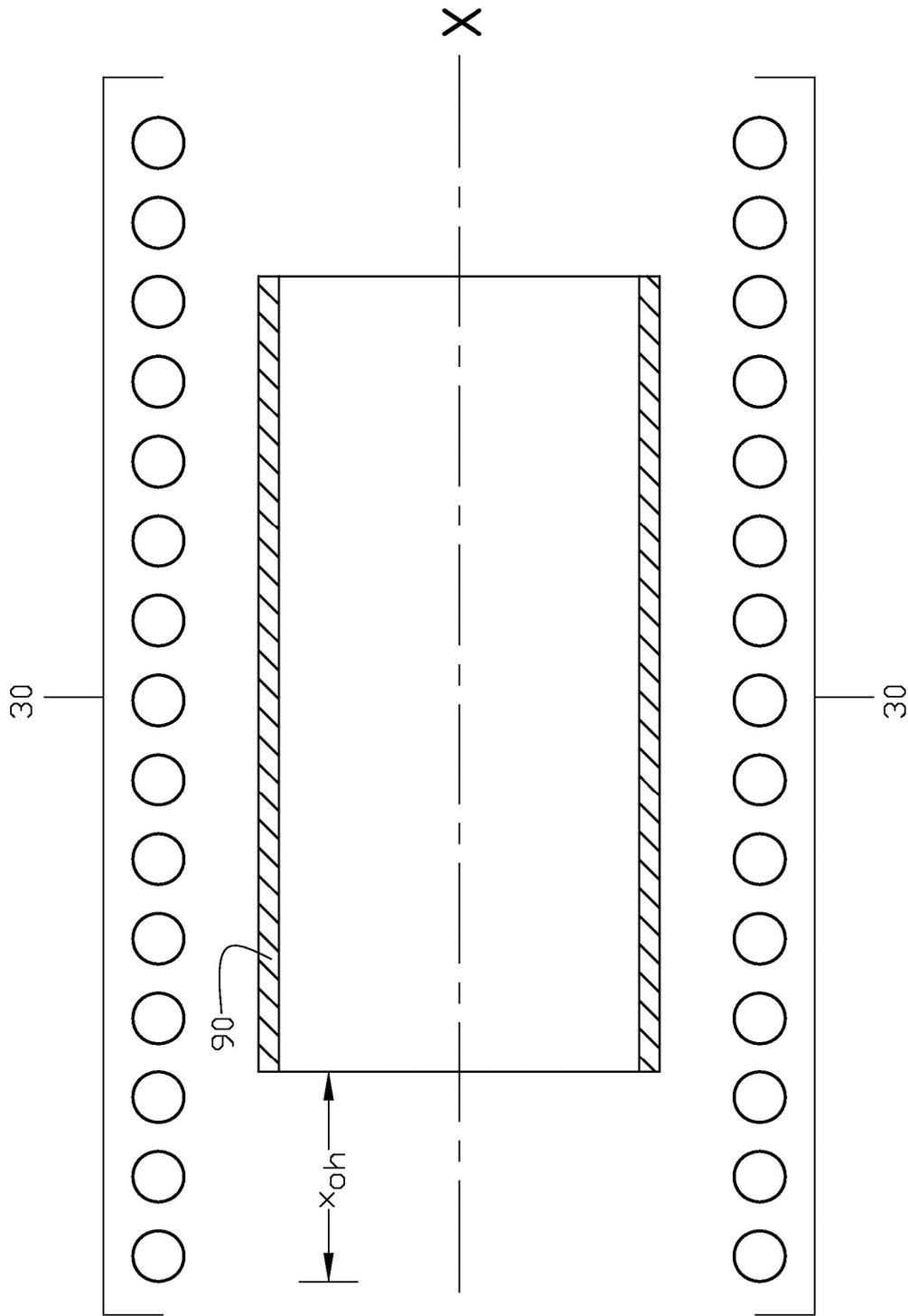


FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR

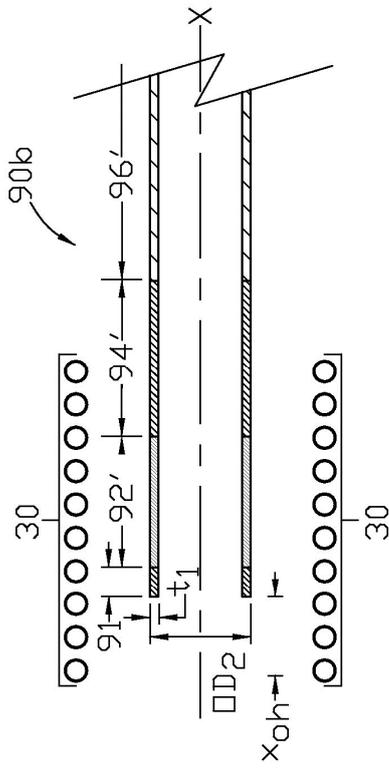


FIG. 2(b)

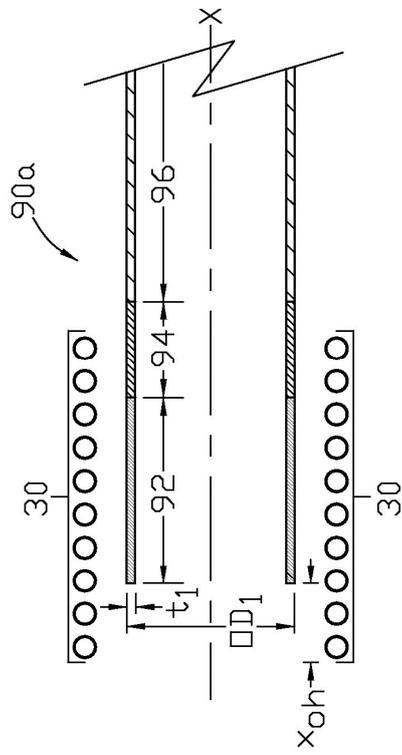


FIG. 2(a)

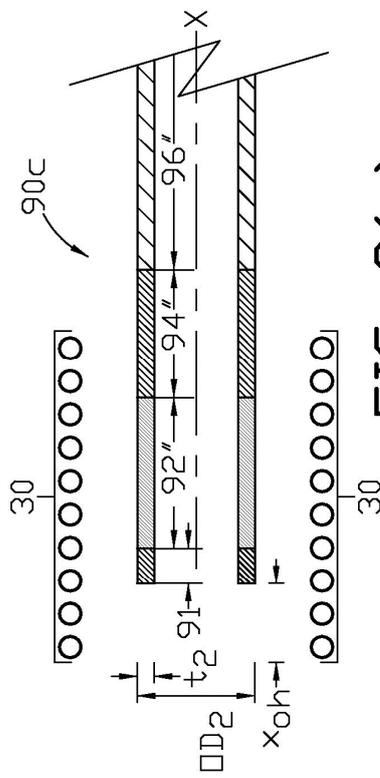
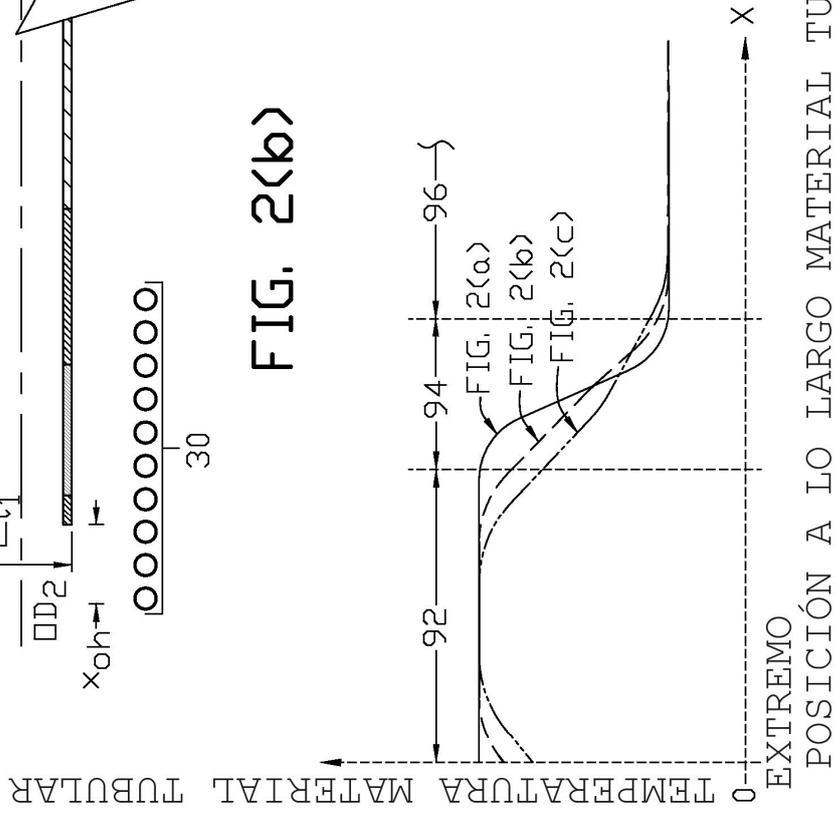


FIG. 2(c)



TÉCNICA ANTERIOR FIG. 2(d)

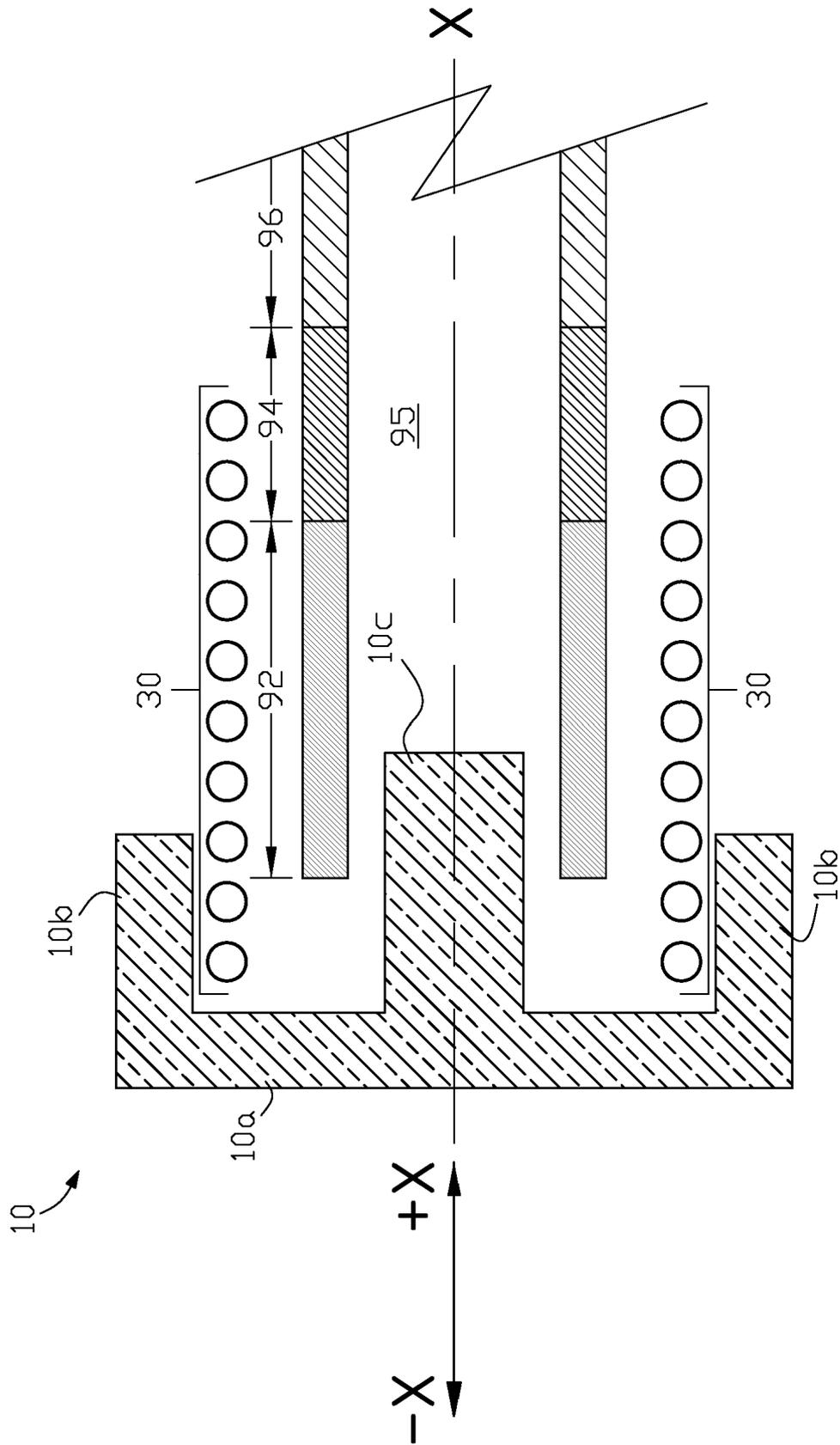


FIG. 3

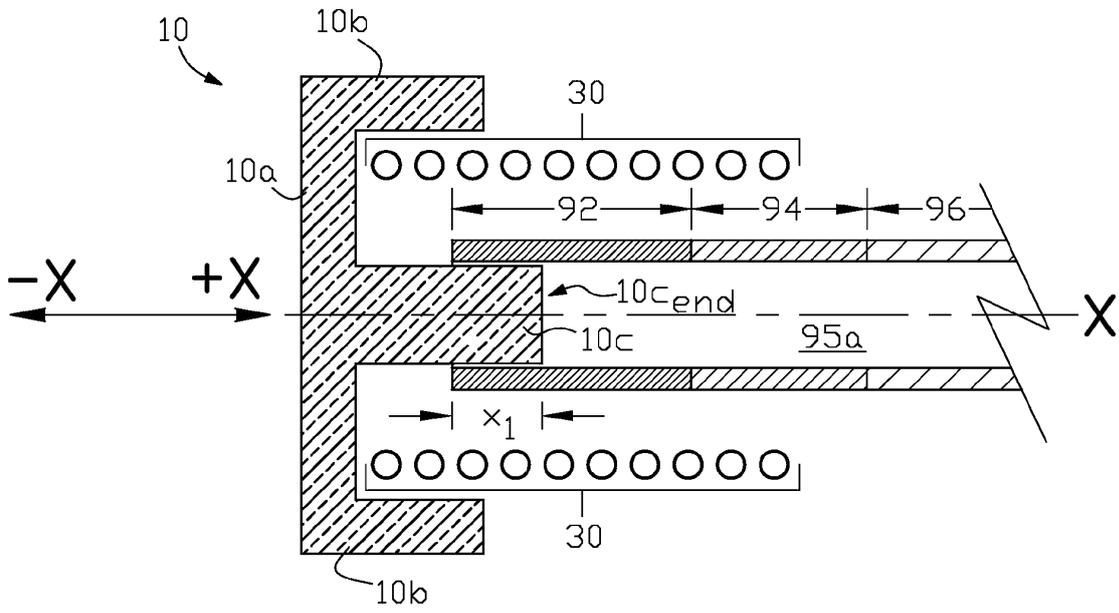


FIG. 4(a)

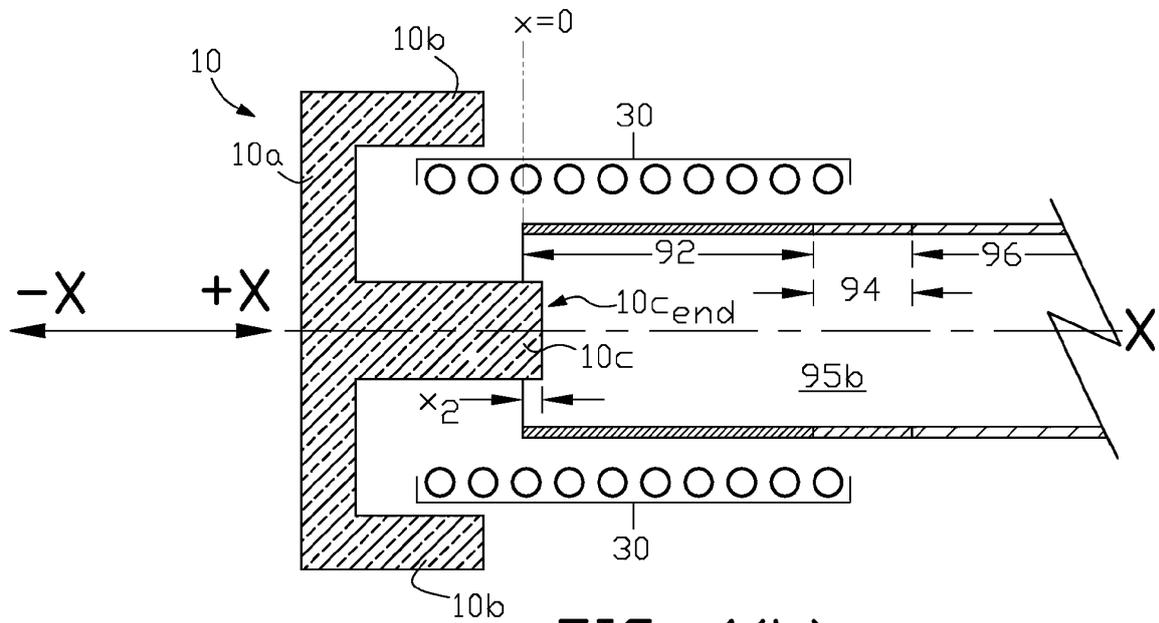
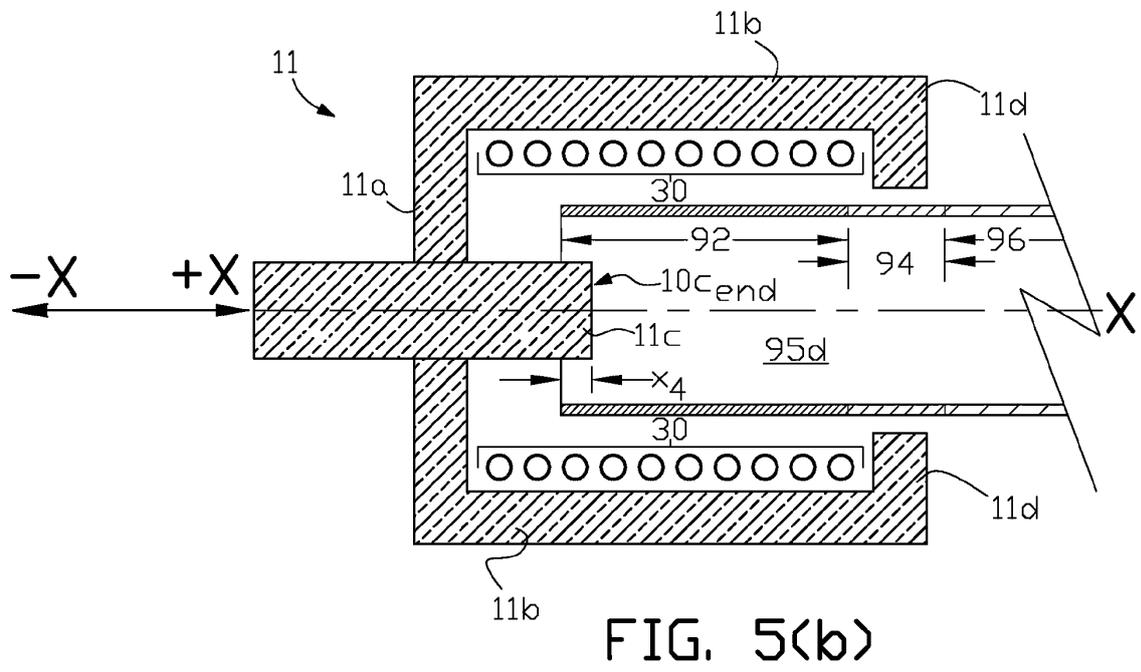
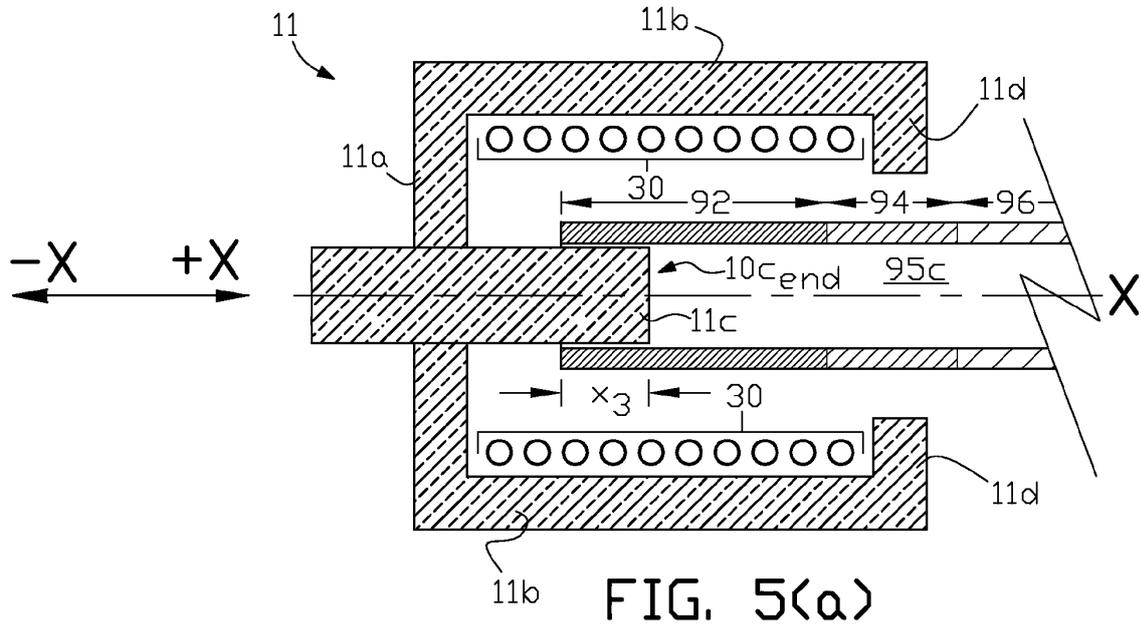


FIG. 4(b)



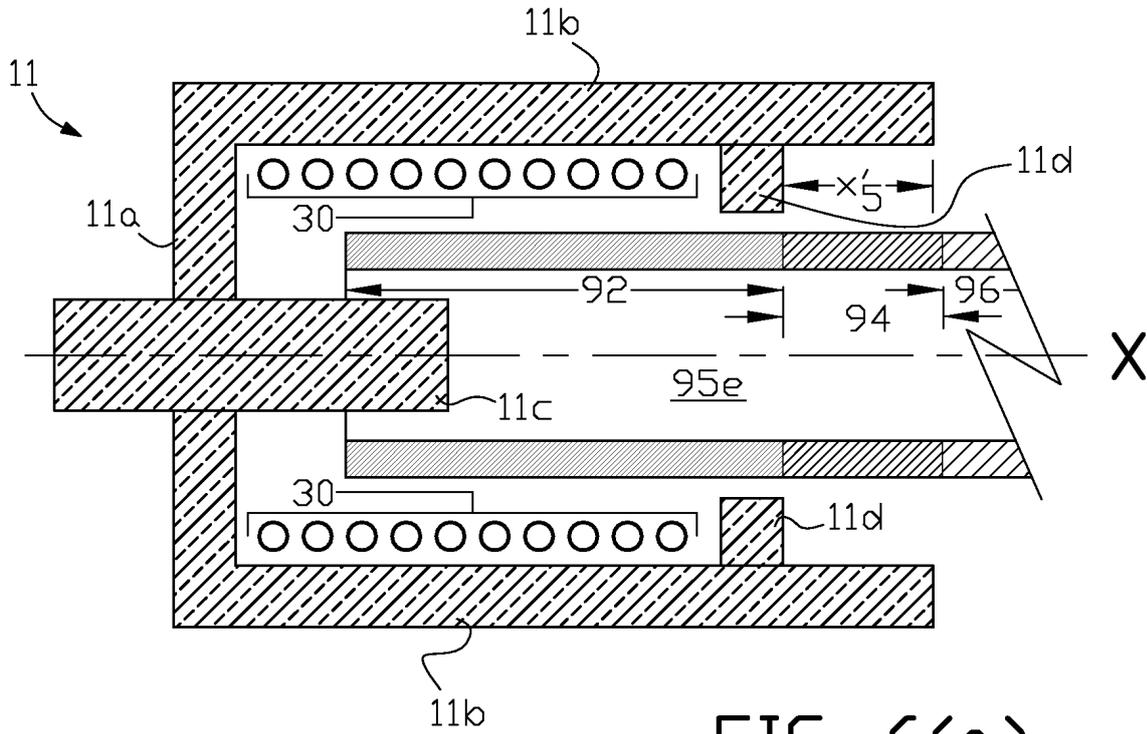


FIG. 6(a)

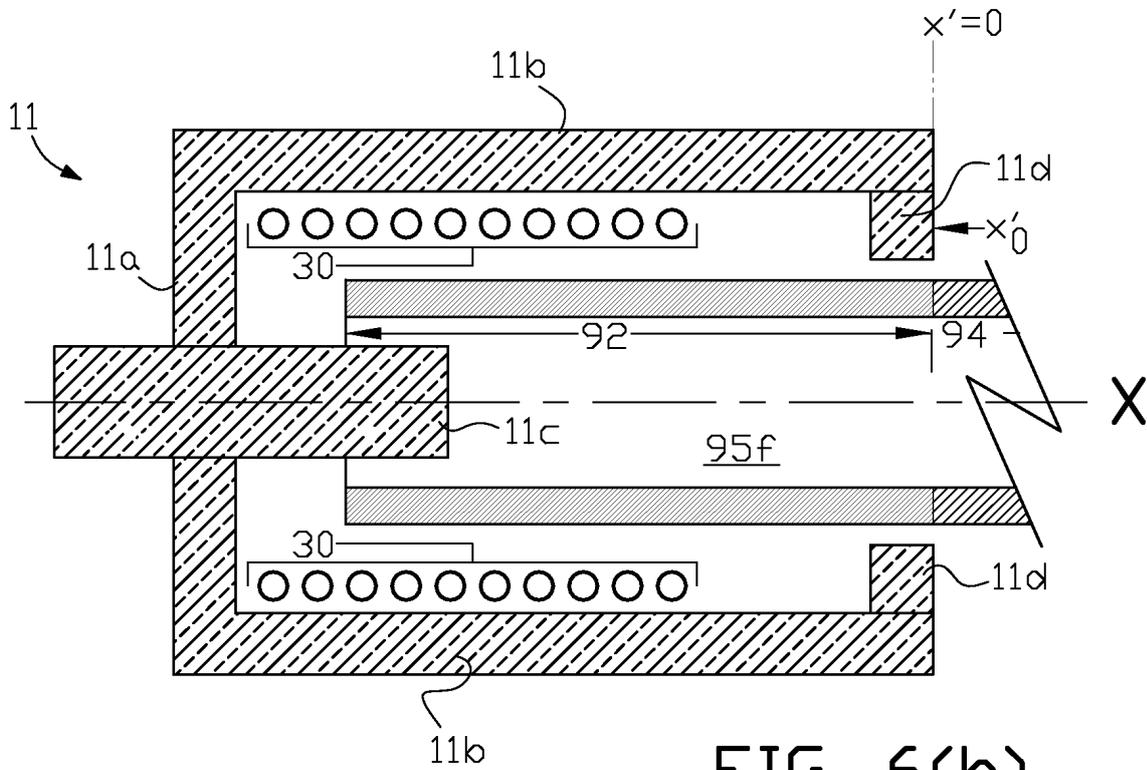


FIG. 6(b)

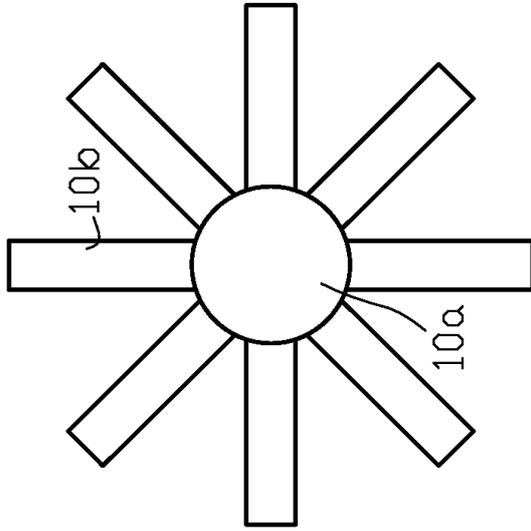


FIG. 7(c)

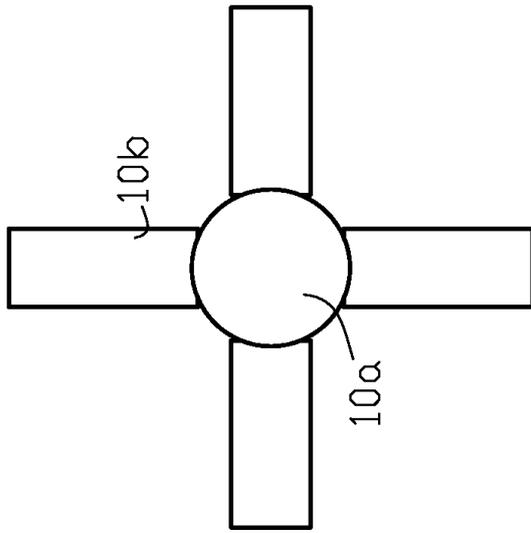


FIG. 7(b)

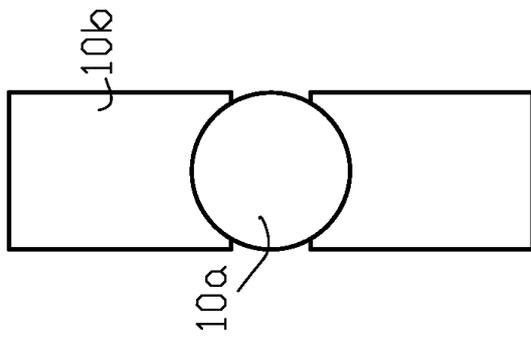


FIG. 7(a)

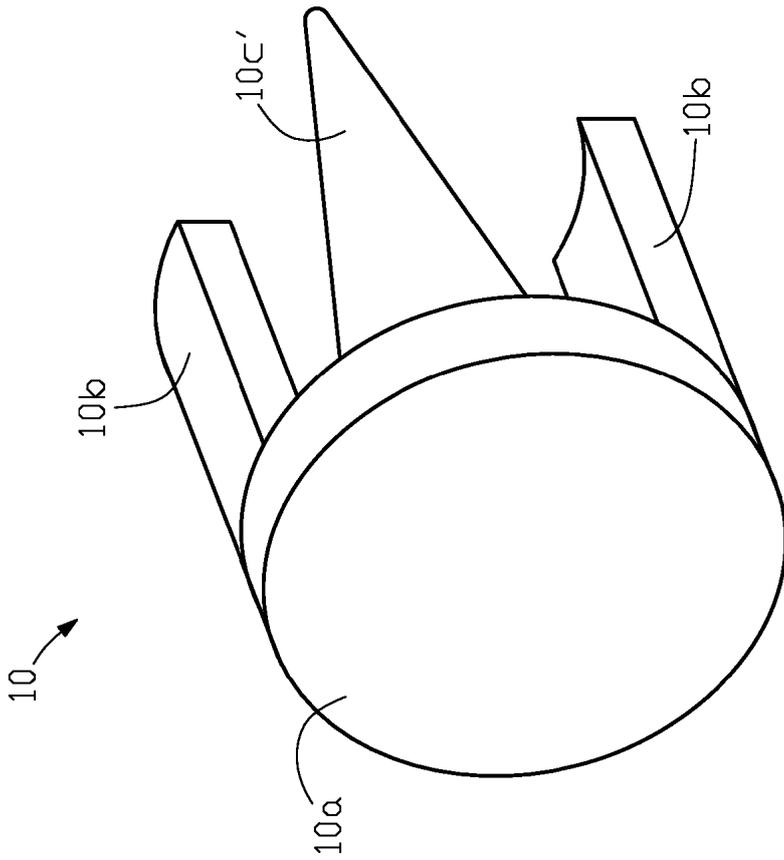


FIG. 8(b)

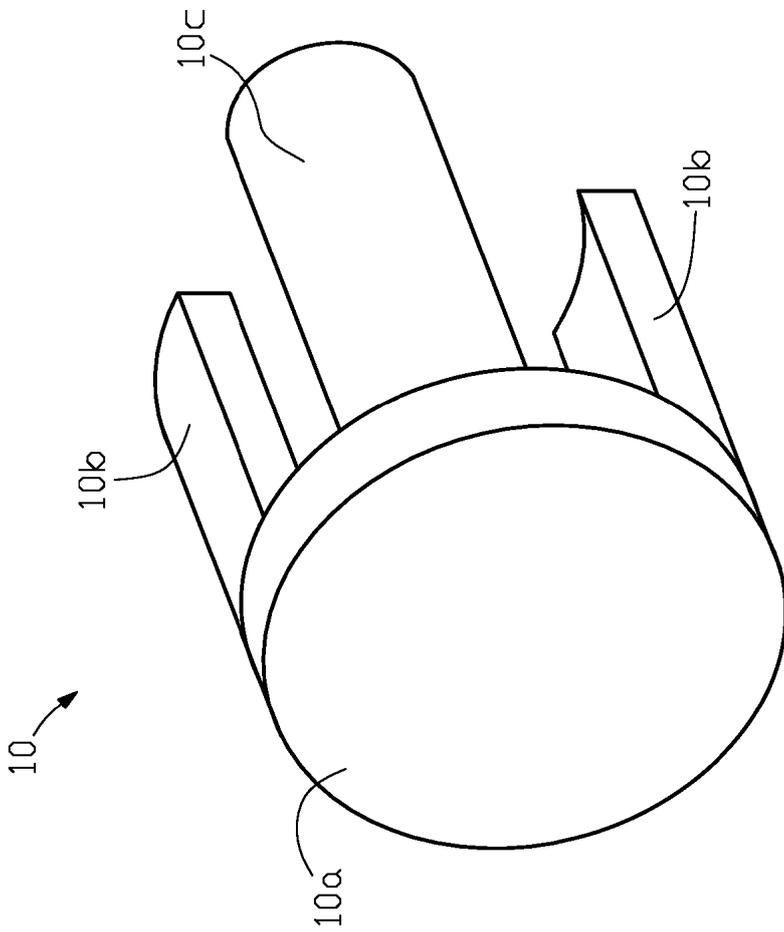


FIG. 8(a)

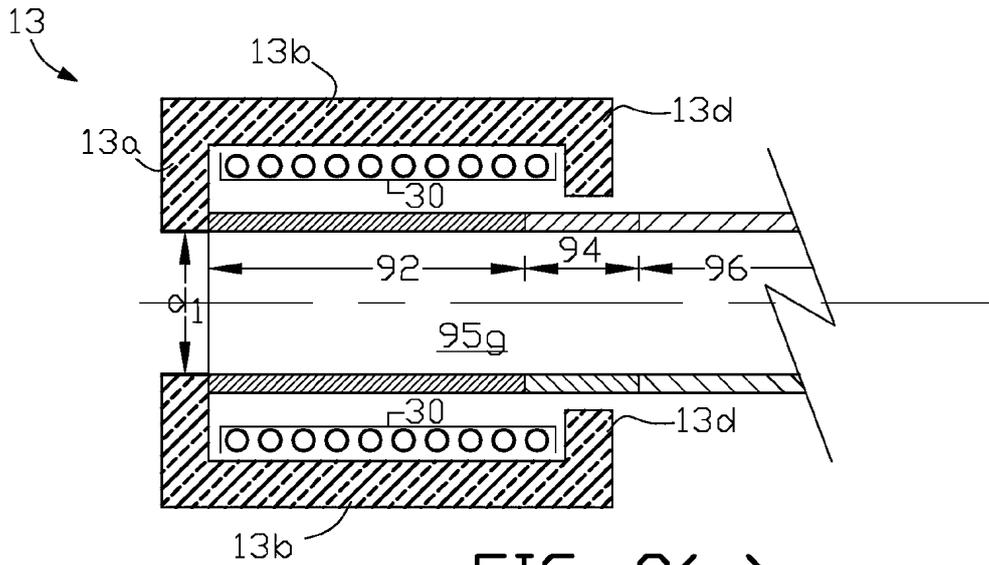


FIG. 9(a)

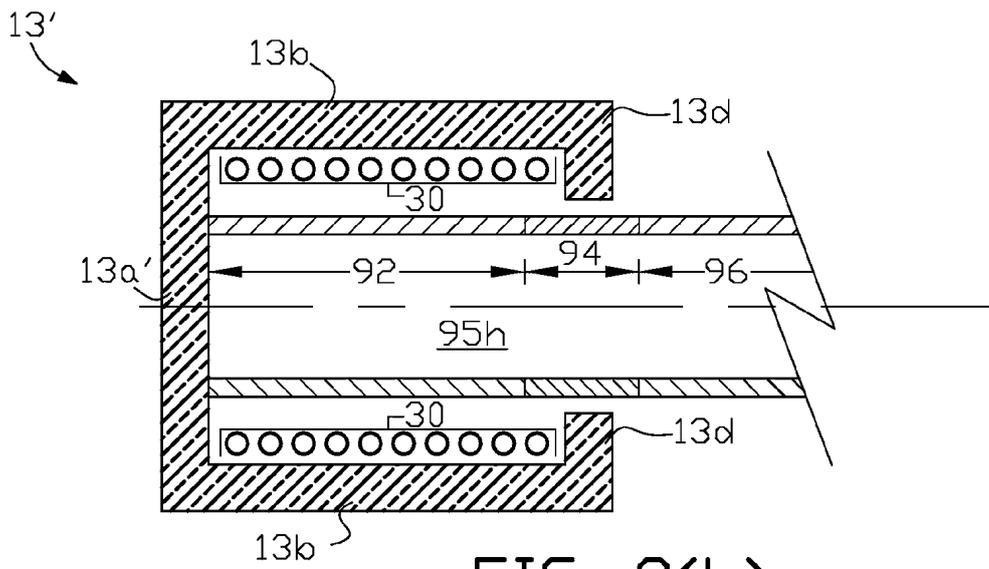


FIG. 9(b)

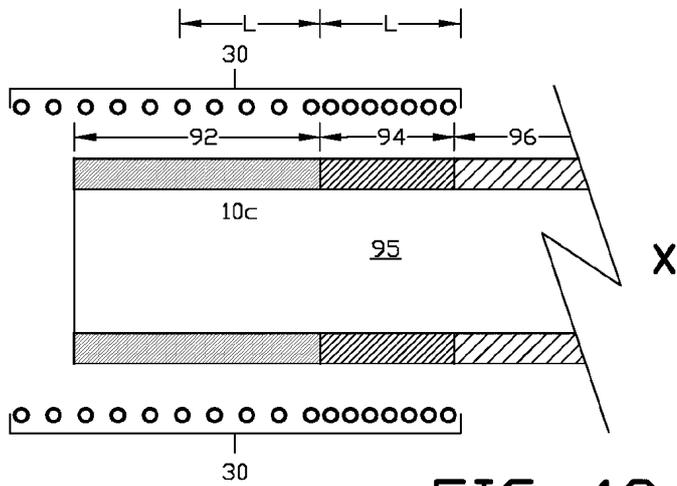
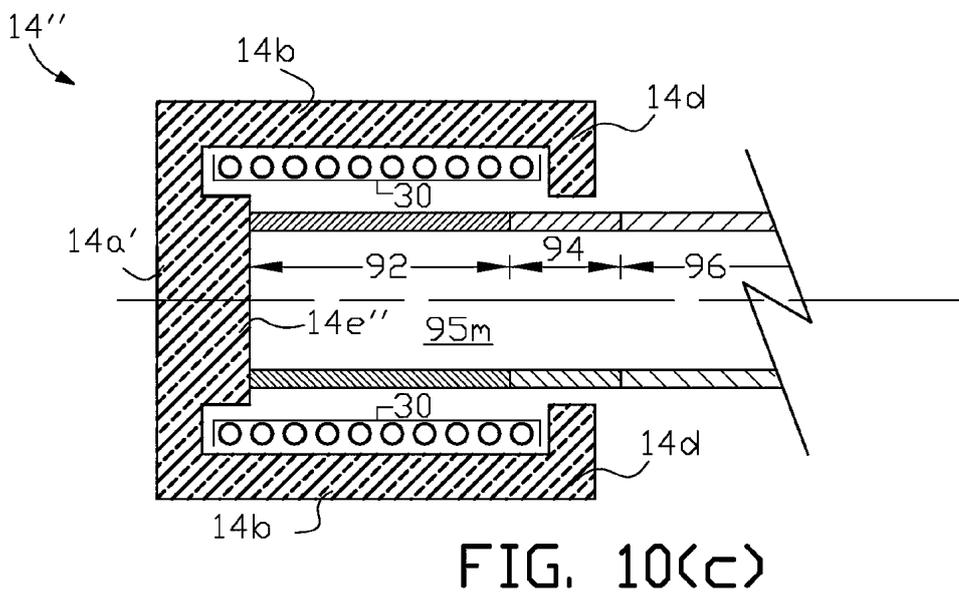
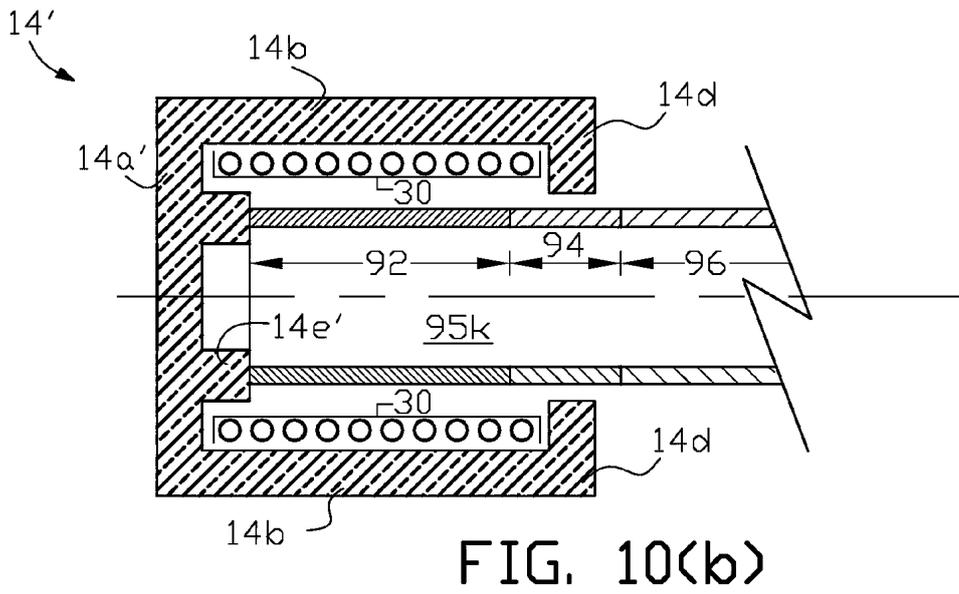
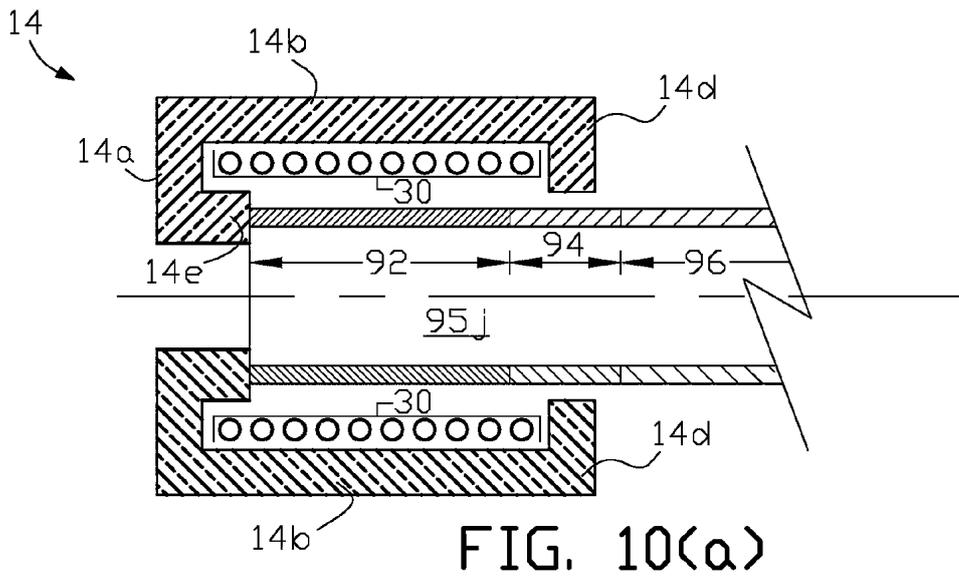


FIG. 19



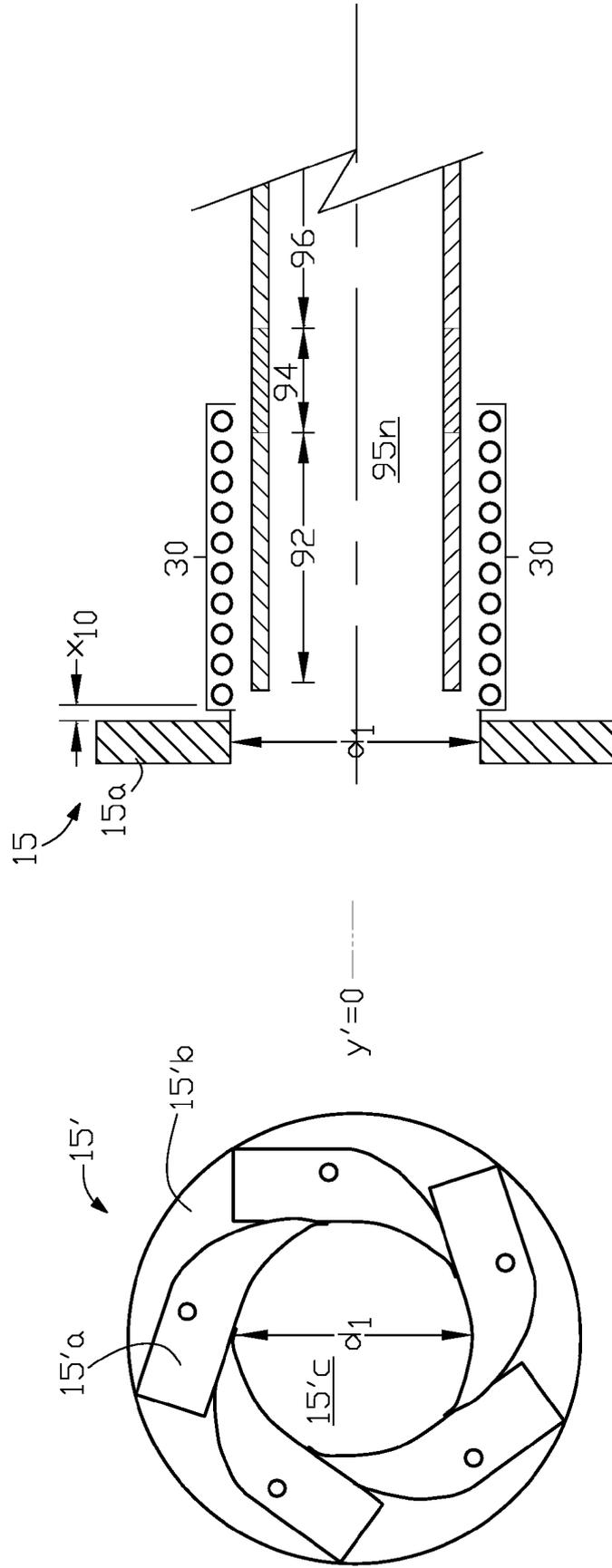


FIG. 11(a)

FIG. 11(b)

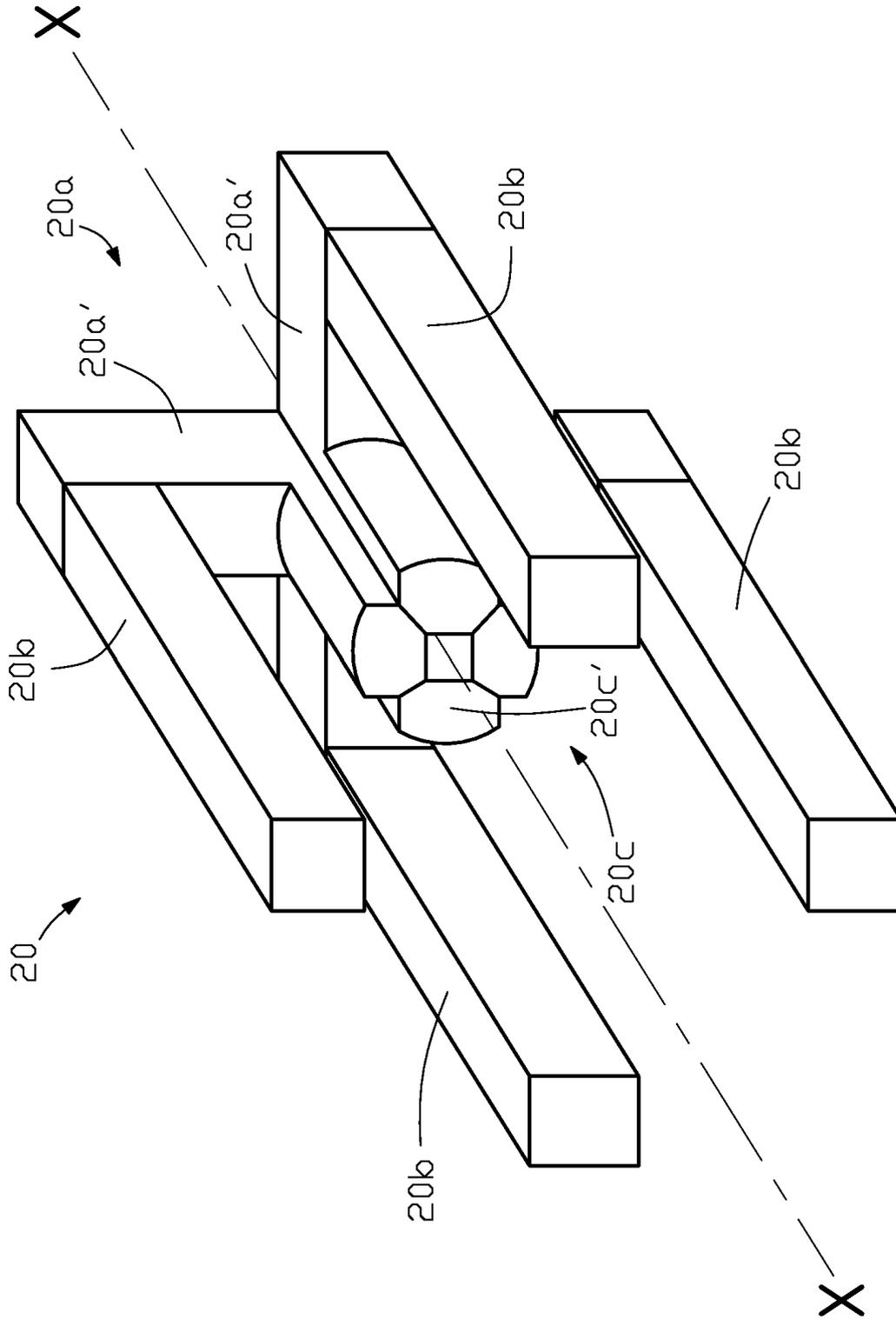


FIG. 12

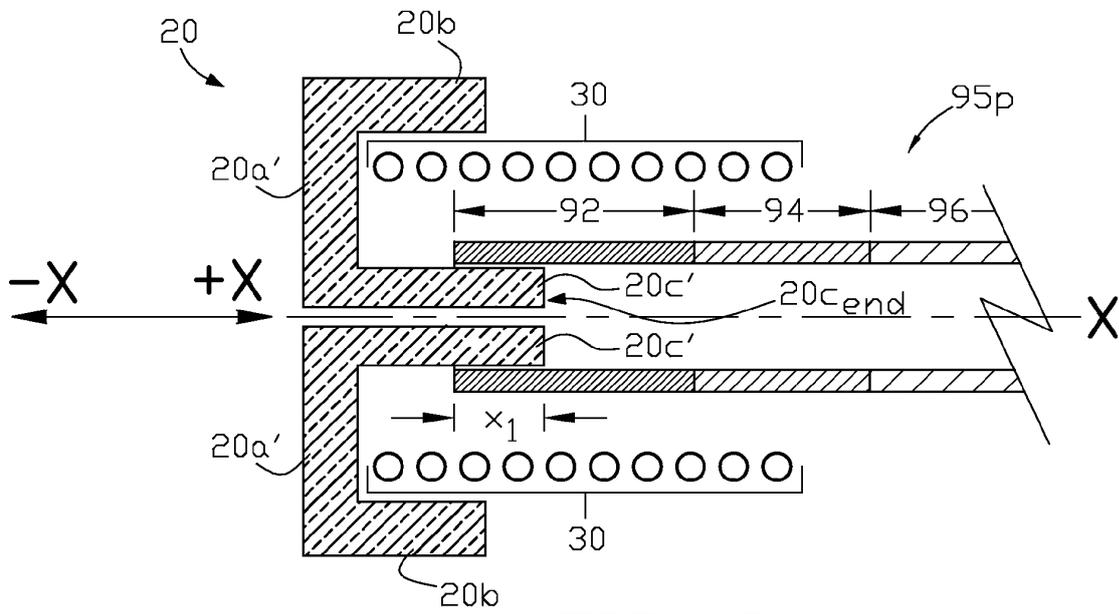


FIG. 13(a)

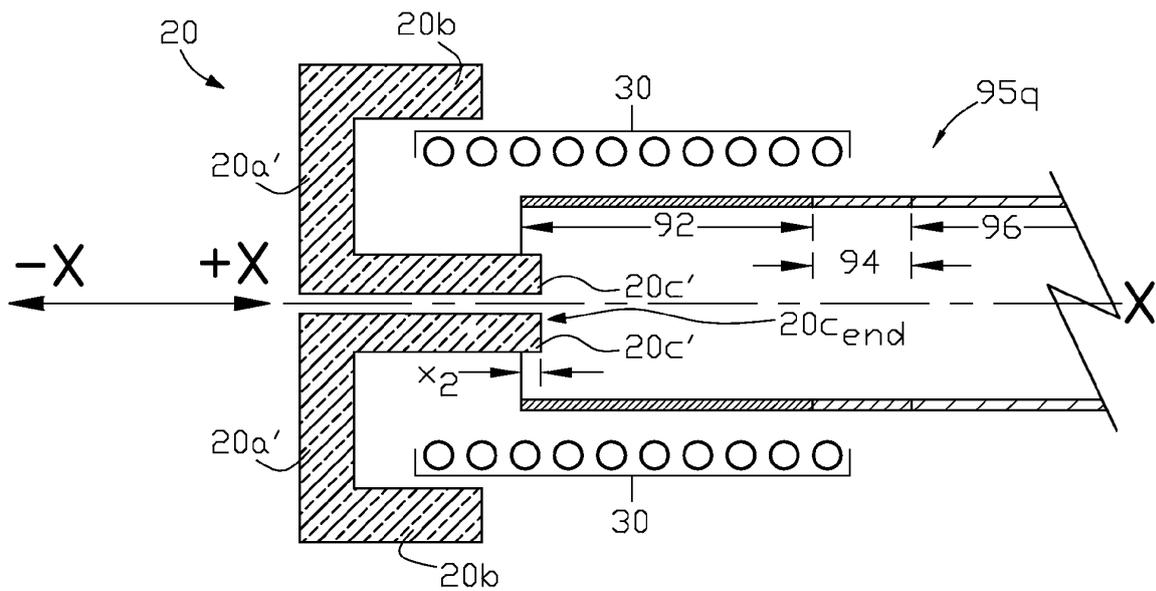
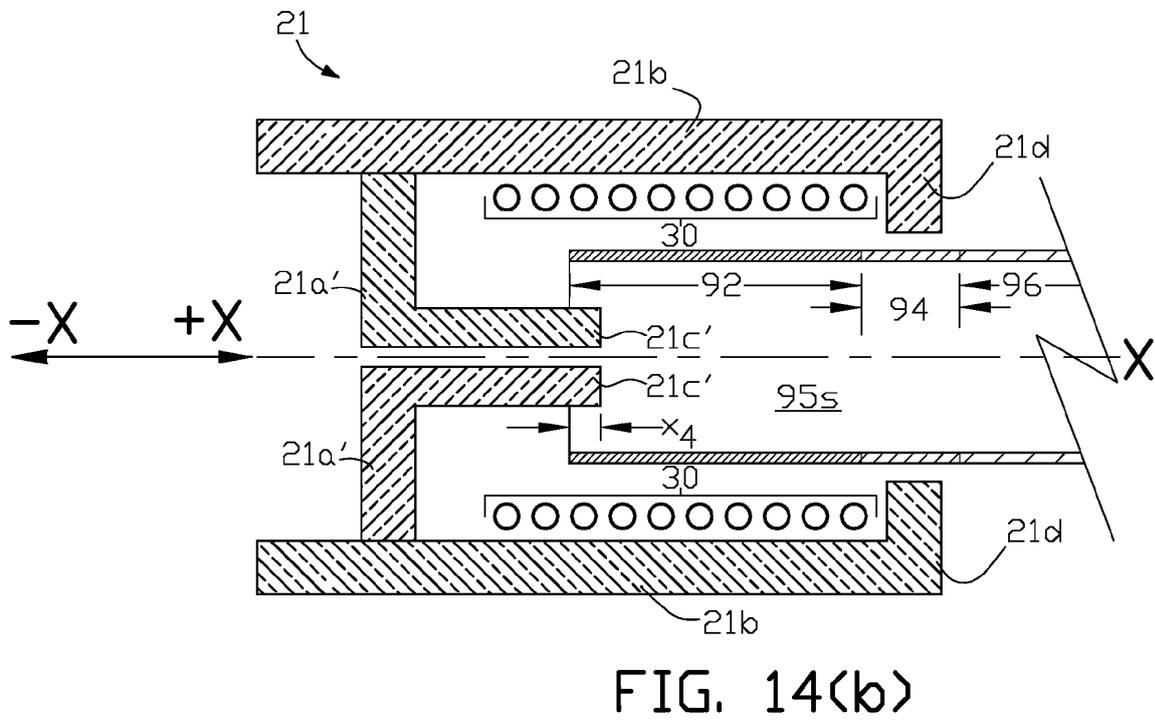
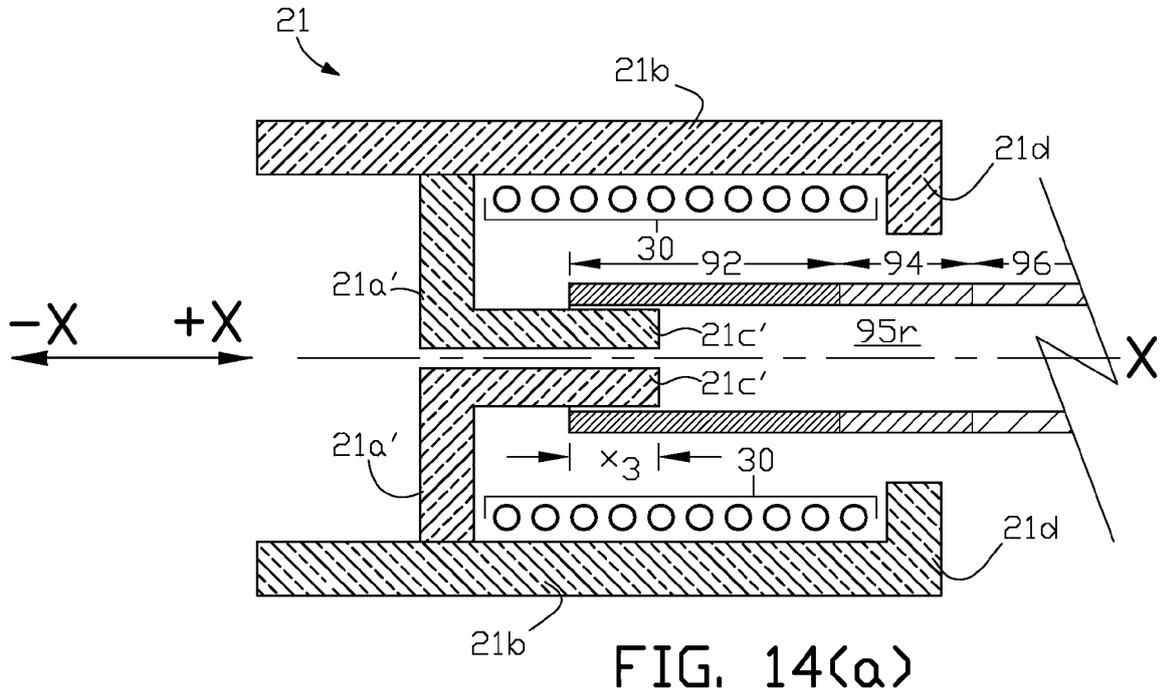


FIG. 13(b)



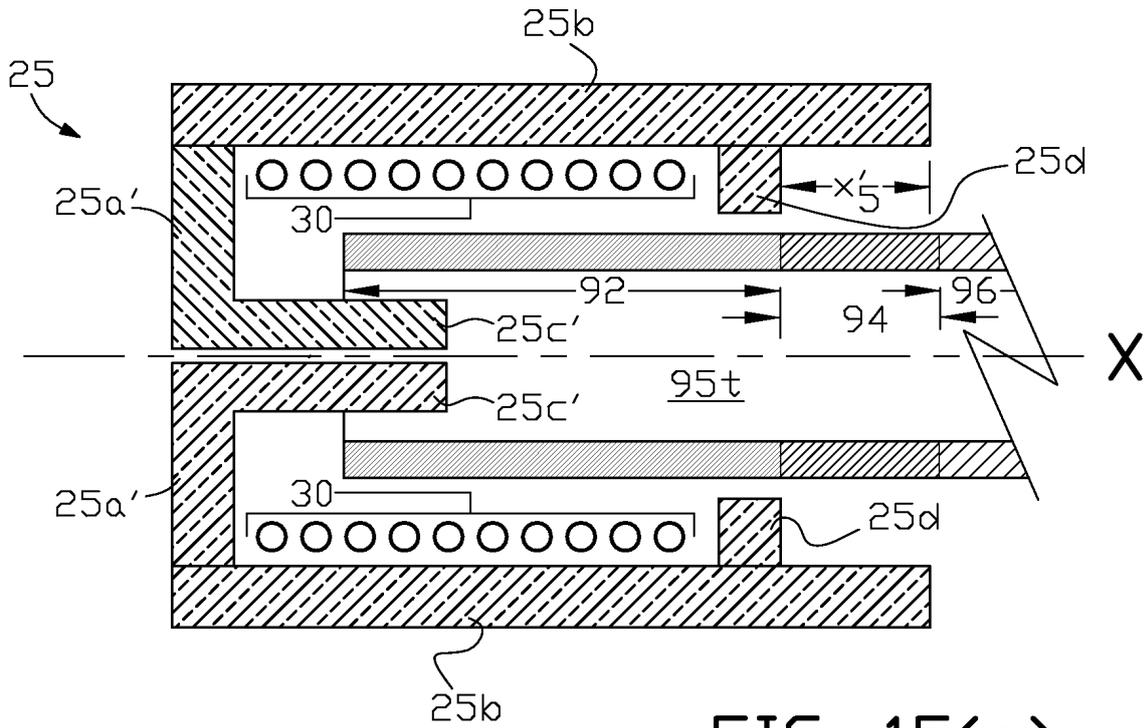


FIG. 15(a)

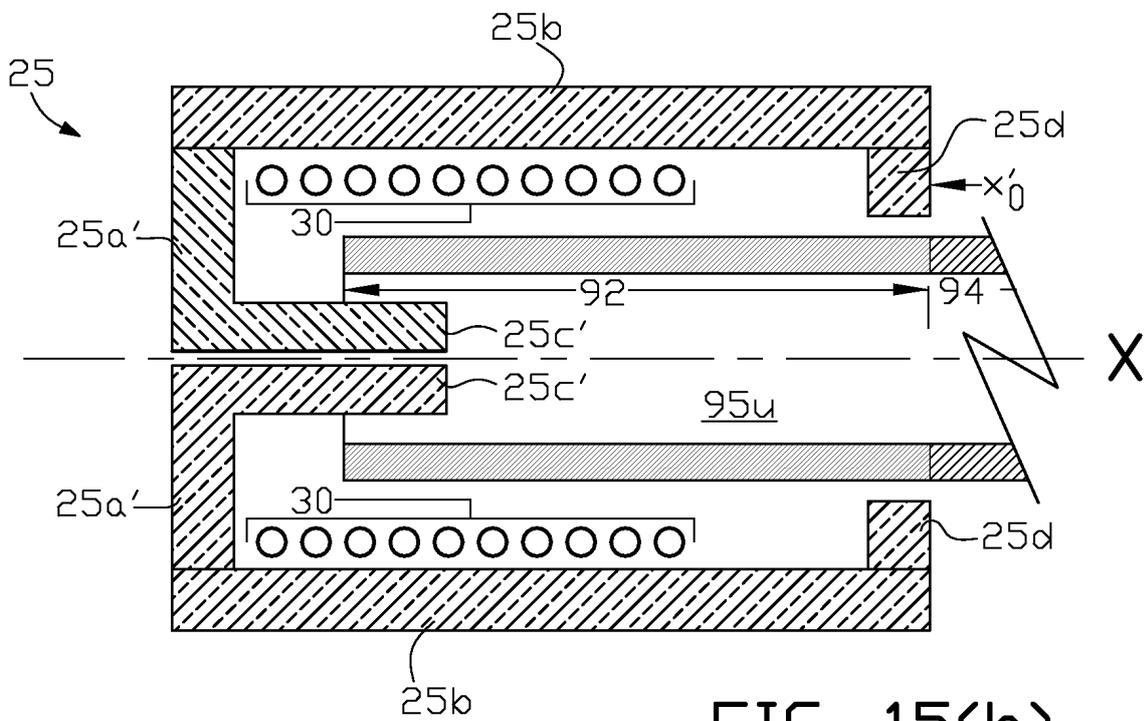


FIG. 15(b)

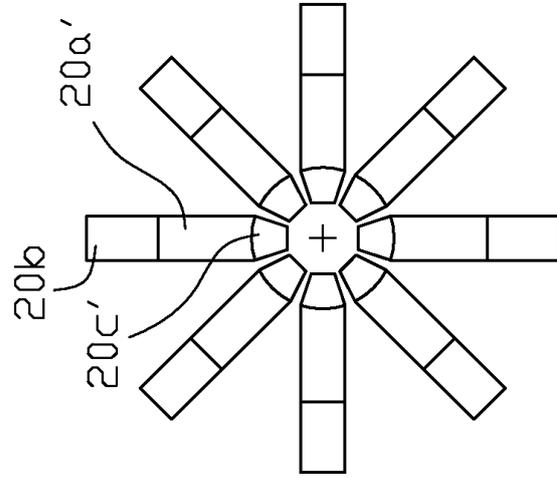


FIG. 16(c)

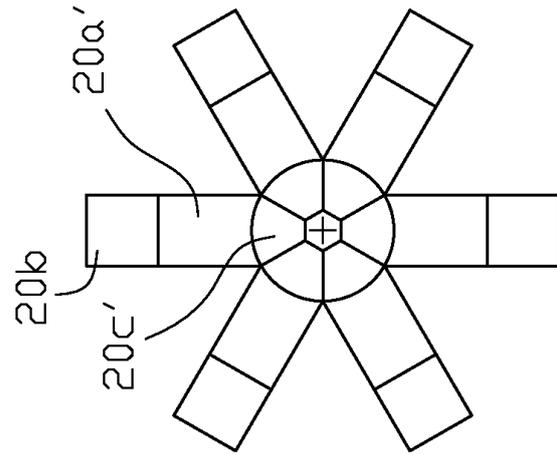


FIG. 16(b)

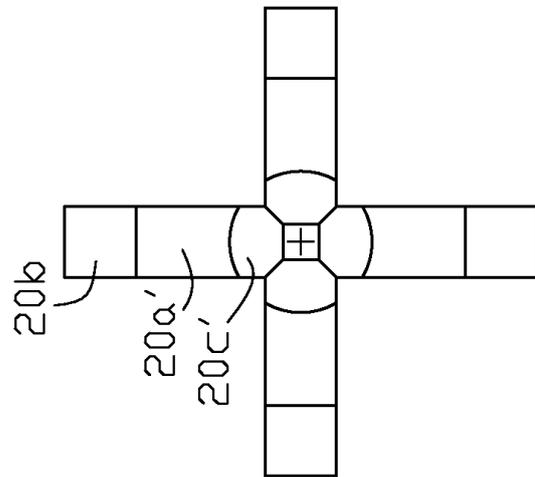


FIG. 16(a)

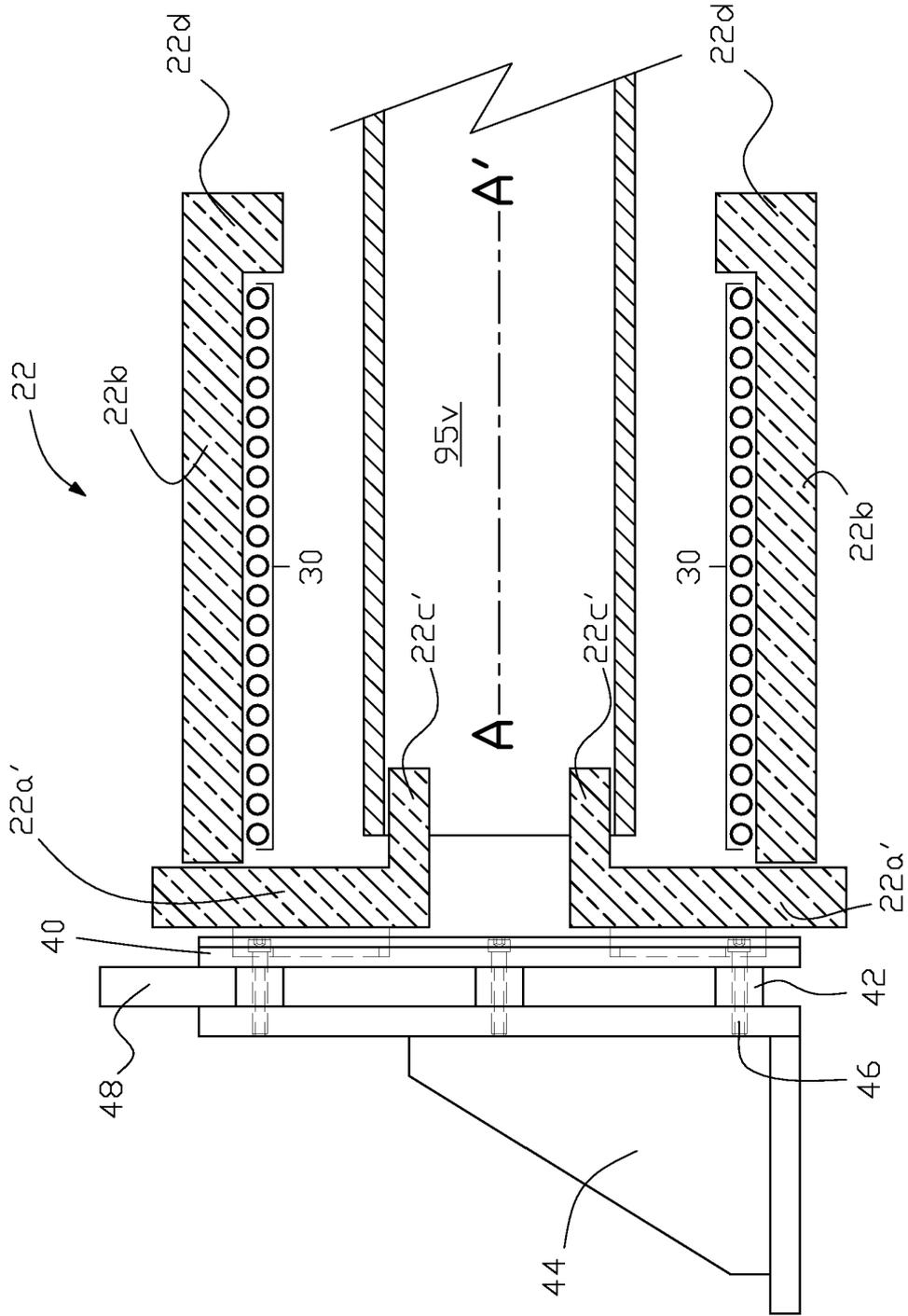


FIG. 17(a)

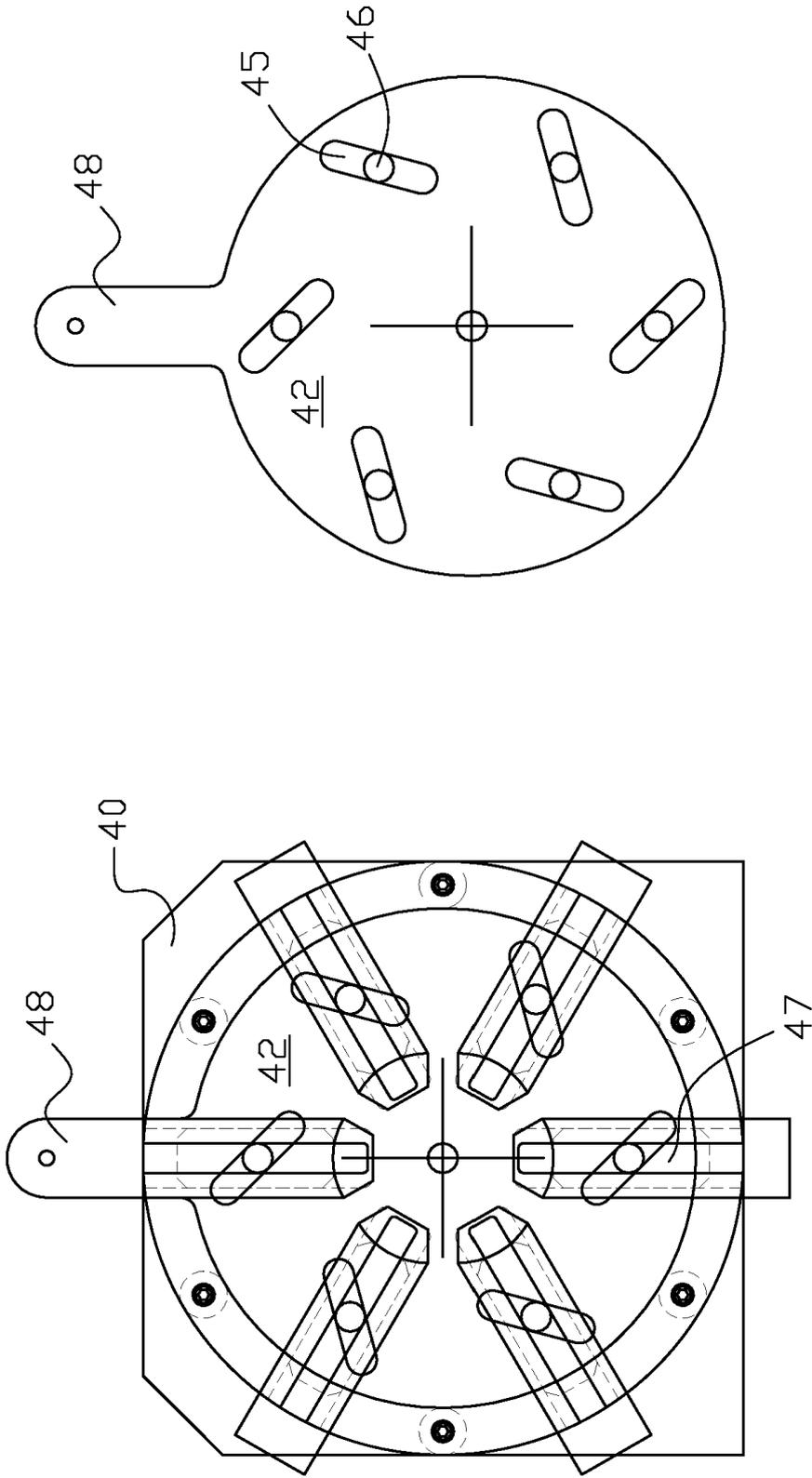


FIG. 17(c)

FIG. 17(b)

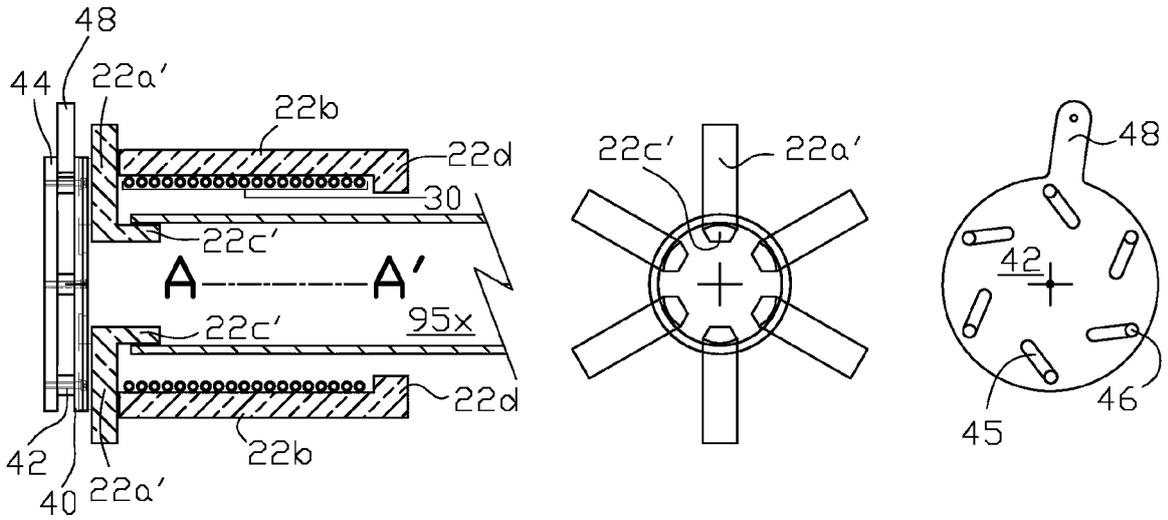


FIG. 18(a)

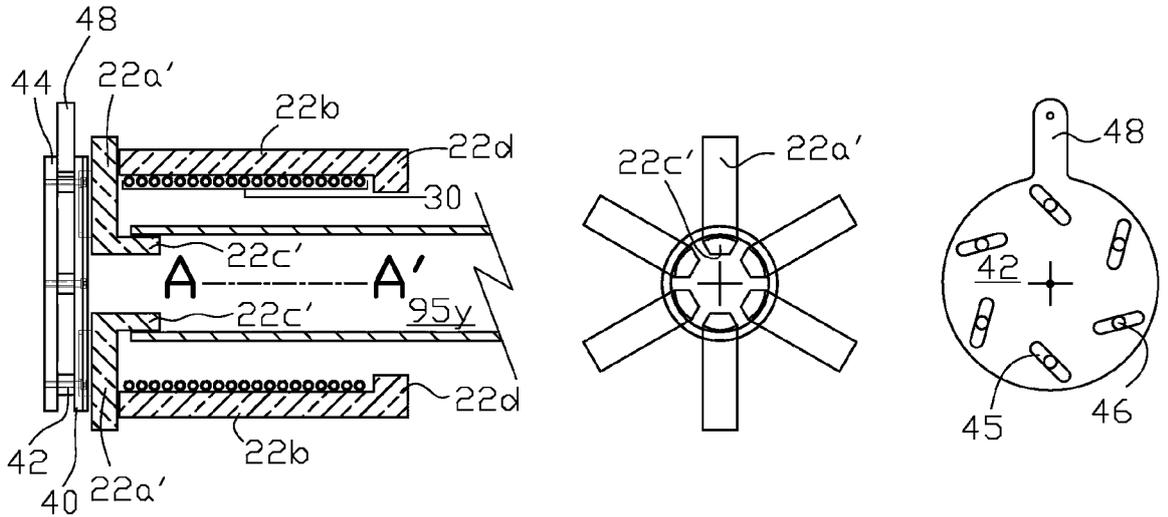


FIG. 18(b)

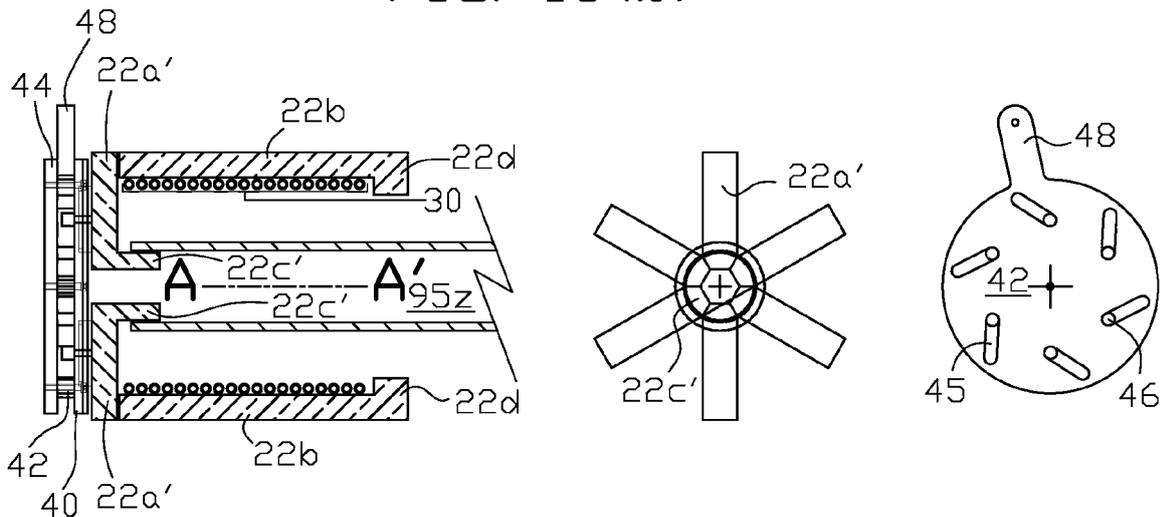


FIG. 18(c)