

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 281**

51 Int. Cl.:

**C23C 14/32** (2006.01)

**H01J 37/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2015 PCT/JP2015/069340**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.02.2016 WO16017374**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2015 E 15827912 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 3156516**

54 Título: **Fuente de evaporación por arco**

30 Prioridad:

**30.07.2014 JP 2014154722**  
**26.02.2015 JP 2015036107**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**02.06.2020**

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.) (100.0%)**  
**2-4 Wakinohama-Kaigandori 2-chome, Chuo-ku Kobe-shi, Hyogo 651-8585 , JP**

72 Inventor/es:

**KUROKAWA, YOSHINORI;**  
**HIROTA, SATOSHI y**  
**TANIFUJI, SHINICHI**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 764 281 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**

Fuente de evaporación por arco

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a una fuente de evaporación por arco.

**Técnica anterior**

10 Como un método de formar una película en la superficie de un sustrato, tal como una herramienta o una pieza de máquina, para mejorar la resistencia a la abrasión o análogos, se conoce convencionalmente un método de depositar una película sobre la superficie del sustrato utilizando descarga de arco. Como un material de tal película puede usarse, por ejemplo, un blanco en forma de varilla con el fin de poder realizar una deposición continua de la película.

15 El Documento de Patente 1 describe una fuente de evaporación por arco que tiene un blanco en forma de varilla. En el caso de deposición utilizando descarga de arco, tal como AIP, la superficie de extremo delantero del blanco en forma de varilla en la fuente de evaporación por arco es fundida y evaporada por la descarga de arco. El material así fundido y evaporado se adhiere sobre la superficie del sustrato.

20 Durante la deposición de película, el punto en el que se produce la descarga de arco en la superficie de extremo delantero del blanco, a saber, un punto de blanco, produce un movimiento inestable. Esto hace posible que el punto de arco se desvíe de la zona de la superficie de extremo delantero del blanco y produzca un movimiento inesperado o parásito hacia la superficie lateral del blanco o de alejamiento del blanco. En este caso, el sistema de deposición tiene que detener automáticamente la descarga de arco, lo que puede impedir una deposición continua.

25 Para restringir el punto de arco dentro de la zona de la superficie de extremo delantero del blanco, la fuente de evaporación por arco descrita en el Documento de Patente 1 incluye una bobina anular para generación de campo magnético, estando dispuesta la bobina alrededor del blanco coaxialmente con el blanco. En el campo magnético generado por la bobina se han formado líneas de fuerza magnética que se extienden desde la superficie de extremo delantero del blanco sustancialmente en su dirección normal. Las líneas de fuerza magnética que se extienden así desde la superficie de extremo delantero del blanco en la dirección normal restringe el punto de arco dentro de la zona de la superficie de extremo delantero del blanco.

30 Recientemente se utiliza un blanco hecho de carbono para deposición de película. En este caso, el punto de arco produce un movimiento más inestable, que incrementa la tendencia a la desviación de la superficie de extremo delantero del blanco. Esto requiere líneas de fuerza magnética más intensas para retener el punto de arco dentro de la superficie de extremo delantero del blanco.

35 Sin embargo, la disposición de una bobina de generación de campo magnético alrededor de un blanco en forma de varilla, tal como la fuente de evaporación por arco descrita en el Documento de Patente 1, requiere que la bobina y/o el equipo alrededor de la bobina sean de mayor tamaño para generar líneas de fuerza magnética fuerte, generando así el problema de aumentar el costo de la producción de la fuente de evaporación por arco.

**45 Lista de citas****Documentos de patente**

50 DP 1: Publicación de la Solicitud de Patente japonesa no examinada (Traducción de la Solicitud PCT) número 2007-070690

55 El Documento WO 2013/191038 A1 describe una fuente de evaporación por arco como la expuesta en el preámbulo de la reivindicación 1. La fuente de evaporación por arco incluye un blanco, un imán de guía de campo magnético en forma de aro y una fuente de generación de campo magnético de lado trasero. El imán de guía de campo magnético está alineado en una dirección perpendicular a la cara de evaporación del blanco, y la fuente de generación de campo magnético de lado trasero está dispuesta en la parte trasera del imán de guía de campo magnético, que es el lado del lado trasero del blanco, y forma líneas de fuerza magnética que se extienden en la dirección de magnetización del imán de guía de campo magnético. El blanco está dispuesto de modo que la cara de evaporación esté en la parte delantera del imán de guía de campo magnético.

60 El Documento JP H04 221064 A describe un generador de arco por vacío, en el que un imán en forma de aro está dispuesto en una cámara de vacío con el fin de rodear un primer electrodo, que está enfrente de un segundo electrodo. Cuando se aplica un voltaje CC a los dos electrodos, un campo magnético del imán confina los electrones en el plasma generado por un arco cerca del segundo electrodo.

65

El Documento US 2013/0327642 A1 describe una fuente de evaporación por arco, que incluye imanes circunferenciales en forma de aro rodeando un blanco 102 y un imán de superficie trasera 104, como se describe en el resumen y se representa en la figura 6, por ejemplo. Los imanes circunferenciales en forma de aro están dispuestos radialmente.

5

### Resumen de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar una fuente de evaporación por arco capaz de restringir establemente un punto de arco en una superficie de extremo delantero de un blanco con restringido aumento de tamaño del equipo.

10

Para resolver el problema anterior, los autores de la presente invención realizaron una investigación amplia, que les condujo a hallar que el campo magnético formado por un imán solamente tiene que satisfacer simultáneamente una primera condición de que el ángulo de las líneas de fuerza magnética con respecto a la superficie lateral del blanco sea menor que una magnitud específica y una segunda condición de que la magnitud de una componente de líneas de fuerza magnética en una dirección axial del blanco sea igual o mayor que una magnitud específica, con el fin de restringir el punto de arco dentro de la zona de la superficie de extremo delantero del blanco. Además, los autores de la presente invención hallaron que, disponer el imán de manera que permita que el imán genere un campo magnético que cumpla las condiciones anteriores hace posible restringir el aumento de tamaño del equipo.

15

20

El objeto anterior se logra con una fuente de evaporación por arco como la expuesta en la reivindicación 1.

Desarrollos ventajosos se definen en las reivindicaciones dependientes.

### Breve descripción de los dibujos

25

La figura 1 es un diagrama en vista en perspectiva de una fuente de evaporación por arco según una realización de la presente invención.

La figura 2 es un diagrama que representa un blanco e imanes de la figura 1 según se ve desde la superficie lateral del blanco.

30

La figura 3 es un diagrama que representa el blanco y los imanes de la figura 1 según se ve desde la superficie de extremo delantero del blanco.

35

La figura 4 es un diagrama que representa un campo magnético generado por los imanes de la figura 1.

La figura 5 es un diagrama de una parte ampliada entre una superficie de extremo delantero del blanco y un imán en el campo magnético de la figura 4.

40

La figura 6 es un gráfico que representa la relación entre distancia de la superficie de extremo delantero del blanco de la figura 1 y densidad de flujo magnético horizontal.

La figura 7 es un gráfico que representa la relación entre distancia de la superficie de extremo delantero del blanco de la figura 1 y el ángulo de las líneas de fuerza magnética con respecto a la superficie lateral del blanco.

45

La figura 8 es un diagrama de una parte ampliada entre una superficie de extremo delantero del blanco y un imán en una variación de la presente invención, donde los imanes están dispuestos de manera que alineen sus polos magnéticos en la dirección axial del blanco.

50

La figura 9 es un diagrama que representa un estado en el que imanes con diferentes polos magnéticos alineados en la dirección axial del blanco generan un campo magnético que no cumple las condiciones de generación de campo magnético a) y b) según la presente invención, como un ejemplo comparativo de la presente invención.

[Figura 10] La figura 10 es un gráfico que representa la relación entre distancia desde la superficie de extremo delantero del blanco de la figura 9 y densidad de flujo magnético horizontal.

55

[Figura 11] La figura 11 es un gráfico que representa la relación entre distancia desde la superficie de extremo delantero del blanco de la figura 9 y el ángulo de las líneas de fuerza magnética con respecto a la superficie lateral del blanco.

60

### Descripción de realizaciones

A continuación se describirán realizaciones de la fuente de evaporación por arco de la presente invención más específicamente con referencia a los dibujos acompañantes.

65

Las figuras 1 a 3 muestran una fuente de evaporación por arco 1, que incluye: un cuerpo principal 2; un blanco en forma de varilla 3 hecho de carbono; una pluralidad de imanes 4 dispuestos alrededor del blanco 3 en una disposición radial; una chapa de blindaje 5 que protege los imanes 4 contra la descarga de arco; una unidad de alimentación 6 que alimenta el blanco 3 en la dirección axial A; y un dispositivo de encendido 7 que inicia la descarga de arco en el blanco 3.

El cuerpo principal 2 tiene una chapa principal 2a y una parte cilíndrica 2b. La chapa principal 2a está dispuesta dentro de una cámara (no representada) de un aparato de formación de película. La parte cilíndrica 2b está dispuesta fuera de la cámara, en el lado trasero de la chapa principal 2a. La parte de extremo delantero del blanco en forma de varilla 3 pasa a través de la chapa principal 2a y la chapa de blindaje 5 de manera que esté expuesta dentro de la cámara. La parte restante 3c del blanco 3 se aloja dentro de la parte cilíndrica 2b. La chapa de blindaje 5 tiene un agujero pasante 5a a través del que pasa el blanco 3.

El blanco en forma de varilla 3, que se hace de carbono, es cilíndrico, teniendo específicamente una superficie circular de extremo delantero 3a y una superficie lateral 3b que es continua con el borde periférico de la superficie de extremo delantero 3a. El blanco 3 tiene un diámetro de aproximadamente 10 a 30 mm. La longitud del blanco 3 es suficientemente más grande que el diámetro del blanco 3. En el caso de un blanco 3 hecho de carbono, un punto de arco S (véase la figura 2) gira lentamente (una rotación por varios segundos) dentro de la superficie circular de extremo delantero del blanco 3a, no tendiendo así a moverse aleatoriamente dentro de la superficie de extremo delantero como en el caso de un blanco metálico. Por lo tanto, en el caso de un blanco hecho de carbono con un diámetro grande y una forma similar a chapa plana, la distribución de espesor de película durante la formación de la película puede ser una irregularidad superficial, siendo posible que se evite el consumo uniforme de la superficie de extremo delantero mientras que solamente se consume su parte de esquina. Para resolver este problema, es preferible que el diámetro del blanco 3 sea de aproximadamente 10 a 30 mm, como se ha descrito anteriormente, en el caso de un blanco hecho de carbono.

También es posible que el blanco 3 tenga una forma distinta de una forma de varilla (por ejemplo, varias formas tridimensionales donde la longitud del blanco 3 no es suficientemente mayor que el diámetro del blanco 3, por ejemplo, como en una forma en forma de placa).

El blanco 3 se hace de un material conteniendo carbono; por ejemplo, puede hacerse de una sustancia de carbono puro o de una mezcla de carbono con otras sustancias.

El blanco 3 es fundido y vaporizado de la superficie de extremo delantero 3a por descarga de arco en la cámara del aparato de formación de película, con el fin de depositar una película en la superficie de un sustrato. La descarga de arco se inicia cuando una barra de contacto 7a del dispositivo de encendido 7 entra en contacto con el blanco 3. El blanco 3 es alimentado automáticamente por la unidad de alimentación 6 en la dirección axial A perpendicular a la superficie de extremo delantero 3a, de manera que sobresalga a la cámara una longitud igual a la longitud de la parte fundida del blanco. Esto permite que la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 se mantenga en una posición predeterminada independientemente del consumo del blanco 3.

Cuando es vaporizado por descarga de arco, el blanco 3 hecho de carbono usado en la presente realización implica menos aumento de temperatura, en comparación con blancos formados por otros materiales (por ejemplo, metales). Por lo tanto, la fuente de evaporación por arco 1 no requiere mecanismo para enfriar el blanco 3. Mientras tanto, el blanco también puede hacerse de un material distinto de carbono (por ejemplo, un blanco hecho de metal de carburo de tungsteno o análogos descrito más adelante).

Cada uno de la pluralidad de imanes 4 tiene polos magnéticos 4a, 4b de polaridades mutuamente diferentes. La pluralidad de imanes 4 están dispuestos con el fin de alinear los polos magnéticos 4a, 4b de polaridades mutuamente diferentes en la dirección radial B del blanco 3, en posiciones respectivas separadas de la superficie lateral 3b del blanco 3 en la dirección radial B del blanco 3. Los imanes 4 generan un campo magnético MF1 (figuras 4 a 5) que satisface las condiciones a) y b) descritas más adelante. Cada polo magnético 4a opuesto a la superficie lateral 3b del blanco 3 es un polo N, mientras que cada polo magnético 4b orientado hacia fuera en la dirección radial B del blanco 3 es un polo S.

Los múltiples imanes 4 están unidos a la chapa principal 2a del cuerpo principal 2 de manera que estén espaciados a intervalos regulares en la dirección circunferencial del blanco 3. Esto hace posible distribuir uniformemente un campo magnético MF1 generado por los imanes 4 en la dirección circunferencial del blanco 3, en la superficie lateral 3b del blanco 3.

Los imanes 4 están dispuestos en un lado trasero de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3, en la dirección axial A del blanco 3. Por ejemplo, como se representa en la figura 4, los imanes 4 están dispuestos con el fin de colocar sus respectivos centros en posiciones respectivas 20 mm hacia atrás (hacia la derecha en la figura 4) de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3. Esto hace posible generar con seguridad un campo magnético MF1 que cumple las condiciones a) y b) descritas más adelante y además aliviar la adhesión, sobre los imanes 4, del material fundido que sale de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3. Los imanes 4 no tienen que

disponerse en el lado trasero de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 en la dirección axial A del blanco 3, si son capaces de formar el campo magnético MF1 que satisfaga las condiciones a) y b). Por ejemplo, también es permisible que una parte del imán 4 sobresalga hacia delante (específicamente, en la dirección en la que mira la superficie de extremo delantero 3a en la figura 4 (dirección hacia la izquierda en la figura 4)) más allá de la superficie de extremo delantero 3a.

Como se representa en la figura 2, hay una chapa de blindaje 5 interpuesta entre la superficie de extremo delantero 3a del blanco y los imanes 4.

Cada uno de los imanes 4 está formado por un imán permanente que genera fuerzas magnéticas fuertes; por ejemplo, puede hacerse de una aleación que contenga neodimio (por ejemplo, NdFeB). Los imanes permanentes que contienen neodimio, a pesar de sus pequeños tamaños, pueden generar fuertes líneas de fuerza magnética FL1 que satisfacen las condiciones a) y b) descritas más adelante. Los imanes permanentes que generan fuertes fuerzas magnéticas se hacen también de aleaciones que contienen samario y cobalto (SmCo).

Los imanes 4, hecho cada uno de un imán permanente, pueden ser de tamaño más reducido que los electroimanes que tienen bobinas. Esto incrementa el grado de flexibilidad de la disposición de los imanes 4 y permite reducir fiablemente el tamaño de la fuente de evaporación por arco 1.

Los imanes 4, que están dispuestos en una disposición radial separados de la superficie lateral 3b del blanco 3 con el fin de alinear los polos magnéticos 4a, 4b en la dirección radial Bt, generan el campo magnético MF1 representado en las figuras 4 a 5 en la superficie lateral 3b del blanco 3. En la figura 4, los imanes 4 están dispuestos en el lado trasero de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3; específicamente, se colocan con el fin de colocar sus respectivos centros en posiciones respectivas 20 mm hacia atrás de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3. Sin embargo, la relación posicional de los imanes 4 con respecto a la superficie de extremo delantero 3a según la presente invención no se limita a ello.

Las líneas de fuerza magnética FL1 del campo magnético MF1 salen de los polos magnéticos 4a opuestos a la superficie lateral 3b del blanco 3 y se extienden en un ángulo agudo (específicamente, un ángulo agudo de 45 grados o menos en las figuras 4 a 5) con respecto a la superficie lateral 3b del blanco 3, cerca de la superficie de extremo delantero 3a dentro de la superficie lateral 3b del blanco 3 (específicamente, en una zona de hasta 10 mm desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3). En resumen, las líneas de fuerza magnética FL1 se extienden hacia fuera en la dirección radial B al mismo tiempo que se aproximan a la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 en la superficie lateral 3b del blanco 2, en una zona de hasta 10 mm desde la superficie de extremo delantero 3a. Además, en esta zona, las líneas de fuerza magnética FL1 mantienen su alta densidad (es decir, su densidad de flujo magnético es alta).

El campo magnético MF1 satisface, en una zona de hasta 10 mm desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 en la dirección axial A del blanco 3, las condiciones siguientes a) y b):

a) un ángulo  $\theta$  que las líneas de fuerza magnética FL1 del campo magnético MF1 forman con la superficie lateral 3b del blanco 3 es de 45 grados o menos; y

b) una componente Bx de la intensidad de las líneas de fuerza magnética FL1 a lo largo de la dirección axial A del blanco 3 es de 200 G o más.

Cumpliendo las condiciones a) y b) anteriores, las líneas de fuerza magnética FL1 (figuras 4 a 5) en la superficie lateral 3b del blanco 3, cerca de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3, es decir, en una zona de hasta 10 mm desde la superficie de extremo delantero 3a, actúan en el punto de arco S empujando de nuevo el punto de arco S a la zona de la superficie de extremo delantero 3a, incluso cuando el punto de arco S representado en las figuras 2 a 3 tiende a desviarse de la zona de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 hecho de carbono. Por ello, el punto de arco S se retiene dentro de la zona de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 hecho de carbono, evitándose que se desvíe de la zona de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3.

Además, al estar dispuestos de manera que generen un campo magnético que satisfaga las condiciones a) y b) anteriores, cada uno de los imanes individuales 4 no tiene que ser de gran tamaño para generar fuertes fuerzas magnéticas. Esto hace posible restringir el aumento de tamaño de la fuente de evaporación por arco 1.

Además, el blanco 3 en forma de varilla permite formar la película de forma continua durante un período de tiempo prolongado correspondiente a la longitud del blanco 3.

En la presente realización que utiliza un blanco hecho de carbono como el blanco 3, el punto de arco S produce un movimiento más inestable tendiendo así a desviarse de la superficie de extremo delantero 3a del punto de arco S. Sin embargo, los imanes 4 que generan un campo magnético que satisface las condiciones a) y b) anteriores permiten que el punto de arco S sea retenido establemente en la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 a pesar del uso del blanco hecho de carbono 3.

Para generar el campo magnético MF1 que cumple las condiciones a) y b) de la presente realización, los múltiples imanes 4 según la presente realización se colocan de manera que los polos magnéticos mutuamente diferentes 4a, 4b de los imanes 4 se alineen en la dirección radial B del blanco 3, en el lado del blanco 3 hecho de carbono. Esto permite que cada uno de los imanes 4 sea pequeño incluso aunque deba generar fuertes líneas de fuerza magnética FL1 en un ángulo agudo de 45 grados o menos con respecto a la superficie lateral 3b del blanco 3, permitiendo por ello que todo el aparato de la fuente de evaporación por arco 1 sea de tamaño fiablemente reducido.

Los imanes 4 también pueden colocarse con el fin de alinear los polos magnéticos 4a (por ejemplo, los polos N) y los polos magnéticos 4b (por ejemplo, los polos S) de polaridades mutuamente diferentes en la dirección axial A del blanco 3, como se representa en la figura 8. También en este caso, la colocación de los imanes 4 de manera que generen un campo magnético MF1' que cumpla las condiciones a) y b) anteriores permite que las líneas de fuerza magnética FL1' en la superficie lateral 3b del blanco 3 cerca de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3, es decir, en una zona de hasta 10 mm desde la superficie de extremo delantero 3a, actúen en el punto de arco S con el fin de empujar de nuevo el punto de arco S a la zona de la superficie de extremo delantero 3a incluso cuando el punto de arco S tienda a desviarse de la zona de la superficie de extremo delantero 3a del blanco hecho de carbono 3. Además, cada uno de los imanes 4 representados en la figura 8 es capaz de generar una fuerza magnética fuerte, no siendo necesario por ello que sea de gran tamaño para generar fuertes fuerzas magnéticas. Esto hace posible restringir el aumento de tamaño de la fuente de evaporación por arco 1. Alinear así los polos magnéticos 4a, 4b en la dirección axial del blanco 3 hace que los electrones emitidos desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 fluyan hacia los polos magnéticos 4a cerca de la superficie de extremo delantero 3a, a lo largo de las líneas de fuerza magnética FL1', calentando por ello las partes de los polos magnéticos 4a de los imanes 4 como ánodos; por lo tanto, es preferible enfriar las partes de los polos magnéticos 4a con un mecanismo de refrigeración que se base, por ejemplo, en refrigeración por agua.

En el caso donde los imanes 4 están dispuestos con el fin de alinear los polos magnéticos 4a y los polos magnéticos 4b de polaridades mutuamente diferentes en la dirección axial A del blanco 3, como se ha descrito anteriormente, también se pueden formar los imanes 4 en forma de aro o disponer una pluralidad de imanes 4 circunferencialmente alrededor del blanco 3, como se representa en la figura 8. Solamente se precisa un imán en forma anular anterior; de este modo, el imán en forma anular puede ser solamente uno.

Preferiblemente, la componente Bx de la intensidad de las líneas de fuerza magnética FL1 a lo largo de la dirección axial A del blanco 3 es de 500 G o más. Tales líneas de fuerza magnética FL1 son capaces de empujar de nuevo más fiablemente el punto de arco S a la zona de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 hecho de carbono.

Las condiciones a) y b) antes descritas se explican a continuación con más detalle.

La figura 6 ilustra un gráfico que representa la relación, en el caso de disponer los imanes 4 en una disposición radial representada en la figura 4, entre la distancia X (mm) desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco de la figura 1 y una densidad de flujo magnético horizontal Bx (unidades G (=  $X \cdot 10^{-4}$  T)) del campo magnético MF1 formado por los imanes 4. En la figura 6, la componente Bx de la dirección axial A del blanco 3 en la intensidad de las líneas de fuerza magnética FL1 se indica como la densidad de flujo magnético horizontal Bx.

La curva I del gráfico de la figura 6 representa la densidad de flujo magnético horizontal Bx de los imanes 4 de la presente realización formados por imanes permanentes producidos utilizando una aleación (NdFeB) conteniendo neodimio. La curva I representa una densidad de flujo magnético horizontal Bx de 200 G o más, específicamente una densidad de flujo magnético horizontal Bx de 230 a 800 G, en una zona de 0 a 10 mm de la distancia X desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3. Esto describe que en la zona se generan fuertes líneas de fuerza magnética suficientes para empujar de nuevo el punto de arco S a la superficie de extremo delantero 3a. Además, la curva I representa una densidad de flujo magnético horizontal Bx de 800 G o más en la zona de distancia X de 10 a 16 mm, mostrando así que se generan líneas de fuerza magnética muy fuertes en la zona. En esta zona, las líneas de fuerza magnética son tan fuertes que el punto de arco S puede ser empujado hacia atrás más fiablemente, por fuerzas magnéticas, a la superficie de extremo delantero 3a.

La curva II del gráfico de la figura 6 representa la densidad de flujo magnético horizontal Bx de los imanes 4 de la presente realización formados por imanes permanentes producidos utilizando una aleación de samario y cobalto (SmCo). La curva II representa una densidad de flujo magnético horizontal Bx de 200 G o más, específicamente de 210 a 620 G, en una zona de 0 a 10 mm de la distancia X desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3, mostrando así que en la zona se generan fuertes líneas de fuerza magnética capaces de empujar hacia atrás el punto de arco S a la superficie de extremo delantero 3a. Además, la curva II ilustra una densidad de flujo magnético horizontal Bx de 800 G o más en una zona de 13 a 14 mm de la distancia X.

En la zona de 0 a 14 mm de la distancia X desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 en las curvas I y II del gráfico de la figura 6, la componente Bx de la intensidad de las líneas de fuerza magnética FL1 a lo largo de la dirección axial A del blanco 3 aumenta con el aumento de la distancia desde la superficie de extremo delantero 3a

del blanco 3 en la dirección axial A del blanco 3. Las líneas de fuerza magnética FL1 son por ello más intensas con el aumento de la distancia desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 en la dirección axial A del blanco 3. Esto hace posible empujar fiablemente hacia atrás el punto de arco S a la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 con el fin de inhibir que el punto de arco S permanezca en la superficie lateral 3b, por la acción de fuerzas magnéticas, incluso cuando el punto de arco S se ha desviado de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 hacia la superficie lateral 3b del blanco 3.

En otros términos, el efecto de empujar hacia atrás el punto de arco S en la superficie lateral 3b del blanco hecho de carbono 3 se basa en gran medida en la intensidad e componente horizontal Bx de las líneas de fuerza magnética FL1. Si existe una posición donde la intensidad de componente horizontal Bx en la superficie lateral 3b es localmente débil, es probable que el punto de arco S en la posición produzca un comportamiento no intencionado, y la posición del punto de arco S es difícil de controlar. Por lo tanto, si se distribuye de modo que la intensidad de componente horizontal Bx de las líneas de fuerza magnética FL1 incremente uniformemente en forma monótonica, las líneas de fuerza magnética FL1 pueden empujar fiablemente hacia atrás el punto de arco S a la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3.

Además, la curva III del gráfico de la figura 6 representa, como un ejemplo de referencia, la densidad de flujo magnético horizontal Bx de un imán formado por un imán permanente existente conteniendo hierro (Fe) como un material inicial principal. Una comparación de la curva III en función de las curvas I, II revela que la densidad de flujo magnético horizontal Bx es más baja en una zona completa de 0 a 20 mm de la distancia X desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3. La densidad de flujo magnético horizontal Bx es de 200 G o menos en la mayor parte de la zona de 0 a 10 mm de la distancia X, lo que indica que tales imanes permanentes existentes hechos de hierro son incapaces de producir líneas de fuerza magnética suficientemente fuertes para empujar hacia atrás el punto de arco S a la superficie de extremo delantero 3a.

La figura 7 ilustra un gráfico que representa la relación, en el caso de la disposición radial de los imanes 4 representados en la figura 4, entre la distancia X (mm) de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 en la figura 1 y el ángulo  $\theta$  de las líneas de fuerza magnética FL1 con respecto a la superficie lateral 3b del blanco 3. El gráfico de la figura 7 revela que el ángulo  $\theta$  está dentro de un rango de ángulos agudos de 0 a 30 grados, en una zona de 0 a 12 mm de la distancia X desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3, teniendo las líneas de fuerza magnética FL1 un ángulo agudo suficiente para empujar hacia atrás el punto de arco S a la superficie de extremo delantero 3a.

Como se ha descrito anteriormente, los experimentos realizados por los autores de la presente invención confirmaron que la configuración donde los imanes 4 formados por imanes permanentes producidos utilizando una aleación conteniendo neodimio (NdFeB) o una aleación conteniendo samario y cobalto (SmCo) están dispuestos en una disposición radial como la representada en las figuras 4 a 5, puede generar líneas de fuerza magnética MF1 que satisfacen las condiciones a) y b) anteriores para evitar por ello que el punto de arco S se desvíe de la zona de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3.

Además, a continuación se contemplará, como un ejemplo comparativo concebible de la presente invención, una configuración que genera un campo magnético que no satisface las condiciones a) o b) anteriores, que son condiciones de generación de campo magnético de la presente invención, en el caso donde los imanes 104 formados por imanes permanentes están dispuestos en la dirección axial A del blanco 3 como se representa en la figura 9.

En la configuración representada en la figura 9, los imanes 104 están dispuestos separados de la superficie lateral 3b del blanco 3 y con el fin de alinear los polos magnéticos 104a, 104b en la dirección axial A del blanco 3. Esto permite que los imanes 104 generen un campo magnético MF2 representado en la figura 9 en la superficie lateral 3b del blanco 3. En la figura 9, los imanes 104 están dispuestos con el fin de colocar el centro axial de los imanes 104 en una posición 20 mm hacia atrás de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3.

Las líneas de fuerza magnética FL2 del campo magnético MF2, aunque salen de los polos magnéticos 104a mirando a la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3, penetran en el blanco 3 a través de la superficie lateral 3b del blanco 3 cerca de la superficie de extremo delantero 3a en la superficie lateral 3b del blanco 3 (específicamente, en una zona de hasta aproximadamente 6 mm de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3). En resumen, las líneas de fuerza magnética FL2 se extienden hacia dentro en la dirección radial B mientras se aproximan a la superficie de extremo delantero 3a del blanco 2, en la superficie lateral 3b, en una zona de hasta aproximadamente 6 mm de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3. Además, las líneas de fuerza magnética FL2 son escasas (es decir, la densidad de flujo magnético es baja) en la zona.

La figura 10 ilustra un gráfico que representa la relación, en el caso donde los imanes 104 están dispuestos en la dirección axial del blanco 3 como se representa en la figura 9, entre la distancia X (mm) desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 y la densidad de flujo magnético horizontal Bx (unidades G (=  $X \cdot 10^{-4}$  T)) del campo magnético MF2 formado por los imanes 4.

La curva IV en el gráfico de la figura 10 representa la densidad de flujo magnético horizontal  $B_x$  de los imanes 104 formados por imanes permanentes producidos utilizando una aleación (NdFeB) conteniendo neodimio. La curva V representa una densidad de flujo magnético horizontal  $B_x$  de los imanes 104 formados por imanes permanentes producidos utilizando una aleación de samario y cobalto (SmCo). La curva VI representa la densidad de flujo magnético horizontal  $B_x$  de los imanes 104 formados por imanes permanentes conteniendo hierro (Fe) como un material inicial principal.

Las curvas IV a VI ponen de manifiesto que la densidad de flujo magnético horizontal  $B_x$  se mantiene a un valor bajo menor de 200 G en una zona de 0 a 10 mm de la distancia X desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3. En la zona, dado que la intensidad de las líneas de fuerza magnética FL2 es pequeña, el punto de arco S parece ser difícil de empujar hacia atrás a la superficie de extremo delantero 3a.

La figura 11 ilustra un gráfico que representa la relación, en el caso donde los imanes 104 están dispuestos en la dirección axial del blanco 3 como se representa en la figura 9, entre la distancia X (mm) desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 y el ángulo  $\theta$  de las líneas de fuerza magnética FL2 con respecto a la superficie lateral 3b del blanco 3. Como puede entenderse a partir del gráfico de la figura 11, el ángulo  $\theta$  es de 0 grados o menor en una zona de 0 a 6 mm de la distancia X desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3. En resumen, las líneas de fuerza magnética FL2 se extienden hacia dentro en la dirección radial B mientras se aproximan a la superficie de extremo delantero 3a penetrando en el blanco 3, en la superficie lateral 3b del blanco 3, en una zona de hasta 6 mm desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3. Por lo tanto, se considera que las líneas de fuerza magnética FL2 que penetran en el blanco 3 provocan una acción débil de empujar hacia atrás el punto de arco S a la superficie de extremo delantero 3a, en la superficie lateral 3b del blanco 3.

Se observa aquí que disponer los imanes 104 en la dirección axial A del blanco 3 como se representa en la figura 9 hace difícil construir una configuración en la que el campo magnético MF2 formado por los imanes 104 satisfaga las condiciones a) y b) anteriores en una zona de hasta 10 mm desde la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 en la dirección axial A del blanco 3. Consiguientemente, se considera que es difícil empujar hacia atrás el punto de arco S a la zona de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 por las líneas de fuerza magnética FL2 en la superficie lateral 3b del blanco 3 en el caso de que no cumplan las condiciones anteriores a) o b) como se representa en las figuras 9 a 11.

Además, los experimentos realizados por los autores de la invención han confirmado que la configuración donde tales imanes 104 están dispuestos en la dirección axial A del blanco 3 es incapaz de evitar que el punto de arco S se desvíe de la zona de la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3, a diferencia de la configuración representada en las figuras 4 a 5 de la presente realización donde los imanes 4 están dispuestos en una disposición radial, incluso usando imanes permanentes producidos de una aleación conteniendo neodimio (NdFeB) o una aleación conteniendo samario y cobalto (SmCo).

Por lo tanto, se ha hallado que el cumplimiento de las condiciones anteriores de generación de campo magnético a) y b) resulta más fácil en una configuración donde los imanes 4 están dispuestos con el fin de alinear los polos magnéticos 4a, 4b de polaridades mutuamente diferentes en la dirección radial del blanco 3 como se representa en las figuras 4 a 5 que en una configuración donde los imanes 104 están dispuestos con el fin de alinear los polos magnéticos 104a, 104b en la dirección axial del blanco 3 como se representa en la figura 9. Consiguientemente, se ha hallado que la configuración donde los imanes 4 están dispuestos en una disposición radial como se representa en las figuras 4 a 5 es capaz de retener más establemente el punto de arco S en la superficie de extremo delantero 3a del blanco 3 y de permitir que la fuente de evaporación por arco 1 se logre de forma fiable.

La explicación de las realizaciones anteriores se lleva a cabo tomando como ejemplo del blanco 3 un blanco hecho de carbono; sin embargo, la presente invención no se limita a ello. El blanco 3 también puede contener carburo de tungsteno, tungsteno, molibdeno o niobio. También en un blanco 3 hecho de carburo de tungsteno o análogos, un punto de arco tiende a producir un movimiento inestable de forma similar al caso del blanco anterior hecho de carbono 3. Sin embargo, la generación de un campo magnético que satisface las condiciones a) y b) por los imanes como se ha descrito anteriormente hace posible retener establemente el punto de arco en la superficie de extremo delantero del blanco 3 incluso utilizando un blanco hecho de carbono 3. Dado que un blanco 3 hecho de carburo de tungsteno o análogos es caro, la configuración de consumo y el rendimiento del blanco 3 son de gran importancia. El uso de carburo de tungsteno o análogos como el blanco en forma de varilla 3 para la fuente de evaporación por arco 1 es efectivo al hacer uniforme el consumo del blanco 3 (es decir, dejar que el blanco 3 se consuma uniformemente en toda su superficie de extremo delantero) y al mejorar el rendimiento.

En las realizaciones específicas antes descritas, se encuentra principalmente una invención que tiene las características siguientes.

La fuente de evaporación por arco según la presente realización incluye:

un blanco a fundir y evaporar de una superficie de extremo delantero del blanco por descarga de arco; y

al menos un imán dispuesto en una posición separada de una superficie lateral del blanco radialmente con respecto al blanco, siendo la superficie lateral continua con una periferia de la superficie de extremo delantero del blanco,

donde el imán está dispuesto de manera que forme un campo magnético que satisfaga las condiciones a) y b) siguientes, en la superficie lateral del blanco, en una zona de hasta 10 mm desde la superficie de extremo delantero del blanco en una dirección axial del blanco, siendo la dirección axial normal a la superficie de extremo delantero:

a) un ángulo que las líneas de fuerza magnética del campo magnético forman con la superficie lateral del blanco es de 45 grados o menos; y

b) una componente de la intensidad de las líneas de fuerza magnética a lo largo de la dirección axial del blanco es de 200 G o más.

Según la configuración anterior, el campo magnético generado por el imán que cumple las condiciones a) y b) anteriores, permite que las líneas de fuerza magnética en la superficie lateral del blanco cerca de la superficie de extremo delantero del blanco, es decir, en una zona de hasta 10 mm desde la superficie de extremo delantero, actúen en el punto de arco con el fin de empujar hacia atrás el punto de arco de nuevo a la zona de la superficie de extremo delantero incluso cuando el punto de arco tiende a desviarse de la zona de la superficie de extremo delantero del blanco. El punto de arco es retenido por ello dentro de la zona de la superficie de extremo delantero del blanco.

Además, disponiendo el imán con el fin de generar un campo magnético que satisfaga las condiciones a) y b) anteriores se elimina la necesidad de aumentar el tamaño del imán con el fin de generar fuertes fuerzas magnéticas. Esto permite restringir el tamaño del aparato.

Preferiblemente, el blanco tiene forma de varilla. Esto permite realizar la deposición de película de forma continua durante un período prolongado de tiempo correspondiente a la longitud del blanco en forma de varilla.

El blanco puede contener carbono. Según un blanco hecho de carbono, el punto de arco hace un movimiento más inestable, tendiendo a desviarse de la superficie de extremo delantero del punto de arco. Sin embargo, la generación del campo magnético que cumple las condiciones a) y b) anteriores por el imán hace posible retener establemente el punto de arco en la superficie de extremo delantero del blanco incluso utilizando un blanco hecho de carbono.

El blanco puede contener carburo de tungsteno, tungsteno, molibdeno o niobio. También en un blanco hecho de carburo de tungsteno o análogos, el punto de arco tiende a efectuar un movimiento inestable, como es el caso del blanco anterior hecho de carbono. Sin embargo, la generación antes descrita del campo magnético que cumple las condiciones a) y b) anteriores efectuada por el imán hace posible retener establemente el punto de arco en la superficie de extremo delantero del blanco, incluso utilizando un blanco hecho de carburo de tungsteno o análogos. Dado que un blanco hecho de carburo de tungsteno o análogos es caro, especialmente la configuración de consumo y el rendimiento del blanco son de gran importancia. El uso de carburo de tungsteno o análogos como el blanco en forma de varilla para la fuente de evaporación por arco es efectivo al hacer uniforme el consumo del blanco y al mejorar el rendimiento.

Preferiblemente, el imán tiene polos magnéticos de polaridades mutuamente diferentes, y el imán está dispuesto con el fin de alinear los polos magnéticos de polaridades mutuamente diferentes en la dirección radial del blanco. En el caso donde el imán está dispuesto con el fin de alinear los polos magnéticos mutuamente diferentes en la dirección radial del blanco, en el lado del blanco, como la disposición del imán para generar el campo magnético que satisface las condiciones a) y b), uno de los polos magnéticos del imán está enfrente de la superficie lateral del blanco mientras que el otro polo magnético mira hacia fuera en la dirección radial del blanco. Esto permite que el polo magnético opuesto a la superficie lateral del blanco genere, en la superficie lateral del blanco, líneas de fuerza magnética tan fuertes en un ángulo agudo de 45 grados o menos que satisfagan las condiciones a) y b) anteriores, en una zona de hasta 10 mm desde la superficie de extremo delantero. En otros términos, la colocación de los imanes de la forma anterior permite que el imán individual sea pequeño mientras que todavía genera fuertes líneas de fuerza magnética en un ángulo agudo de 45 grados o menos con respecto a la superficie lateral del blanco, permitiendo así que todo el aparato de la fuente de evaporación por arco sea de tamaño fiablemente reducido.

También es permisible que el imán tenga polos magnéticos de polaridades mutuamente diferentes y el imán está dispuesto con el fin de alinear los polos magnéticos de polaridades mutuamente diferentes en la dirección axial del blanco. También en este caso, disponer los imanes con el fin de generar un campo de fuertes fuerzas magnéticas que satisfaga las condiciones a) y b) elimina la necesidad de aumentar el tamaño del imán, que sea capaz de generar una fuerza magnética fuerte. Esto permite restringir el tamaño del aparato.

La componente de la intensidad de las líneas de fuerza magnética a lo largo de la dirección axial del blanco es preferiblemente de 500 G o más.

Tales líneas de fuerza magnética son capaces de empujar hacia atrás el punto de arco más fiablemente a la zona de la superficie de extremo delantero del blanco.

5 La componente de la intensidad de las líneas de fuerza magnética a lo largo de la dirección axial del blanco se incrementa preferiblemente con el aumento de la distancia desde la superficie de extremo delantero del blanco en la dirección axial del blanco.

10 Según esta configuración, las líneas de fuerza magnética son más intensas con el aumento de la distancia desde la superficie de extremo delantero del blanco en la dirección axial del blanco. Esto hace posible empujar hacia atrás el punto de arco fiablemente a la superficie de extremo delantero por la acción de fuerzas magnéticas con el fin de inhibir que el punto de arco permanezca en la superficie lateral, incluso cuando el punto de arco se haya desviado de la superficie de extremo delantero del blanco a la superficie lateral del blanco.

15 Preferiblemente, el campo magnético tiene una posición en la que la componente de la intensidad de las líneas de fuerza magnética a lo largo de la dirección axial del blanco es de 800 G o más, en la superficie lateral del blanco, en una zona de hasta 20 mm desde la superficie de extremo delantero del blanco en la dirección axial del blanco.

20 Esta configuración hace posible empujar hacia atrás el punto de arco más fiablemente a la superficie de extremo delantero del blanco a través de la acción de fuerzas magnéticas con el fin de inhibir que el punto de arco permanezca en la superficie lateral del blanco.

El imán es preferiblemente un imán permanente.

25 Esto permite que el imán sea de tamaño más reducido que un electroimán que tenga una bobina. Esto permite incrementar el grado de flexibilidad de disposición del imán y poder reducir fiablemente el tamaño de la fuente de evaporación por arco.

El imán permanente contiene preferiblemente neodimio.

30 Los imanes permanentes conteniendo neodimio son capaces de generar fuertes líneas de fuerza magnética que satisfacen las condiciones a) y b) anteriores a pesar de su tamaño pequeño.

35 Preferiblemente, múltiples imanes están espaciados a intervalos regulares en una dirección circunferencial del blanco.

40 Esto permite que el campo magnético generado por los imanes se distribuya uniformemente en la dirección circunferencial del blanco, en la superficie lateral del blanco, haciendo así posible eliminar partes donde las líneas de fuerza magnética son localmente débiles produciendo la posibilidad de permitir que el punto de arco permanezca en la superficie lateral del blanco. Esto da lugar a la capacidad de empujar hacia atrás el punto de arco a la superficie de extremo delantero del blanco de forma más fiable, a través de la acción de fuerzas magnéticas.

El imán está dispuesto preferiblemente en un lado trasero de la superficie de extremo delantero del blanco, en la dirección axial del blanco.

45 Esta disposición de los imanes hace posible generar fiablemente un campo magnético que satisface las condiciones a) y b) anteriores y además aliviar el problema de la adhesión, sobre los imanes, de material fundido despedido de la superficie de extremo delantero del blanco.

**REIVINDICACIONES**

1. Una fuente de evaporación por arco, incluyendo:

5 un blanco (3) a fundir y evaporar de una superficie de extremo delantero (3a) del blanco (3) por descarga de arco; y  
 al menos un imán (4) dispuesto en una posición separada de una superficie lateral (3b) del blanco (3) radialmente  
 con respecto al blanco (3), siendo la superficie lateral (3b) continua con una periferia de la superficie de extremo  
 delantero (3a) del blanco (3),

10 **caracterizada porque**

el imán (4) está dispuesto con el fin de formar un campo magnético que satisfaga las condiciones a) y b) siguientes,  
 en la superficie lateral (3b) del blanco (3), en una zona de hasta 10 mm desde la superficie de extremo delantero  
 (3a) del blanco (3) en una dirección axial del blanco (3), siendo la dirección axial normal a la superficie de extremo  
 delantero:

a) un ángulo que las líneas de fuerza magnética (FL1) del campo magnético forman con la superficie lateral (3b) del  
 blanco es de 45 grados o menos, extendiéndose las líneas de fuerza magnética (FL1) del campo magnético hacia  
 fuera en la dirección radial (B) mientras se aproximan a la superficie de extremo delantero (3a) del blanco (3) en la  
 superficie lateral (3b) del blanco (3); y

b) una componente (Bx) de la intensidad de las líneas de fuerza magnética a lo largo de la dirección axial del blanco  
 (3) es de 200 G o más.

2. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 1, donde el blanco (3) tiene forma de varilla.

3. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 1, donde el blanco (3) contiene carbono.

4. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 1, donde el blanco (3) contiene carburo de tungsteno,  
 tungsteno, molibdeno o niobio.

5. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 1, donde  
 el imán (4) tiene polos magnéticos de polaridades mutuamente diferentes, y

el imán (4) está dispuesto con el fin de alinear los polos magnéticos de polaridades mutuamente diferentes en la  
 dirección radial del blanco (3).

6. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 1, donde  
 el imán (4) tiene polos magnéticos de polaridades mutuamente diferentes, y

el imán (4) está dispuesto con el fin de alinear los polos magnéticos de polaridades mutuamente diferentes en la  
 dirección axial del blanco (3).

7. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 1, donde la componente de la intensidad de las líneas  
 de fuerza magnética a lo largo de la dirección axial del blanco (3) es de 500 G o más.

8. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 1, donde la componente de la intensidad de las líneas  
 de fuerza magnética a lo largo de la dirección axial del blanco (3) se incrementa con el aumento de la distancia  
 desde la superficie de extremo delantero (3a) del blanco (3) en la dirección axial del blanco (3).

9. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 1, donde el campo magnético tiene una posición en la  
 que la componente de la intensidad de las líneas de fuerza magnética a lo largo de la dirección axial del blanco (3)  
 es de 800 G o más, en la superficie lateral (3b) del blanco (3), en una zona de hasta 20 mm desde la superficie de  
 extremo delantero (3a) del blanco (3) en la dirección axial del blanco (3).

10. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 1, donde el imán (4) es un imán permanente.

11. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 10, donde el imán permanente contiene neodimio.

12. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 1, donde múltiples imanes (4) están espaciados a  
 intervalos regulares en una dirección circunferencial del blanco (3).

13. La fuente de evaporación por arco según la reivindicación 1, donde el imán (4) está dispuesto en un lado trasero de la superficie de extremo delantero (3a) del blanco (3), en la dirección axial del blanco (3).

FIG.1

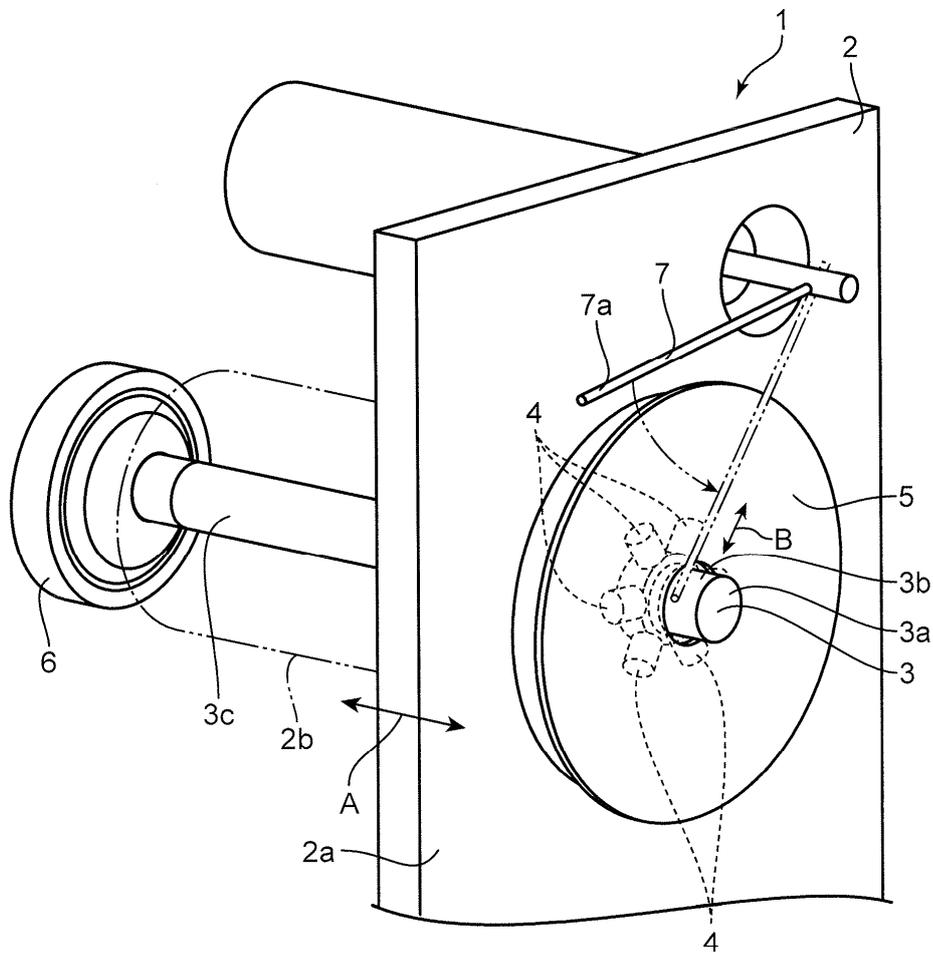


FIG.2

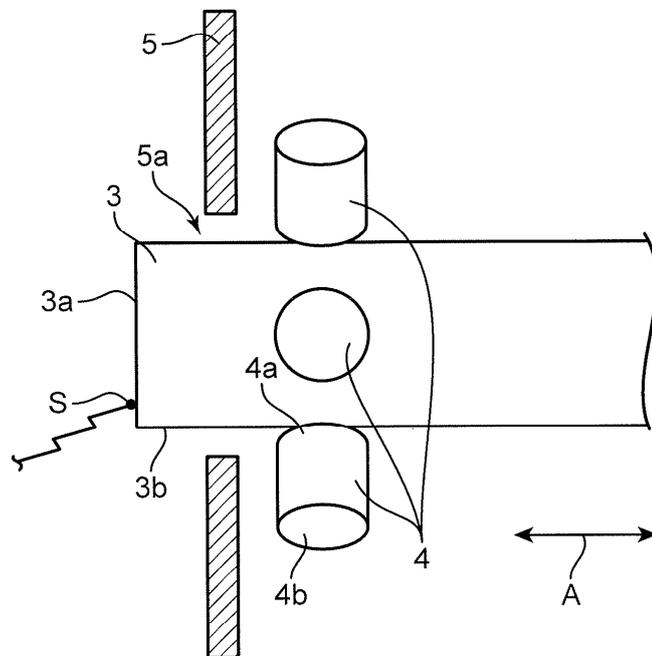


FIG.3

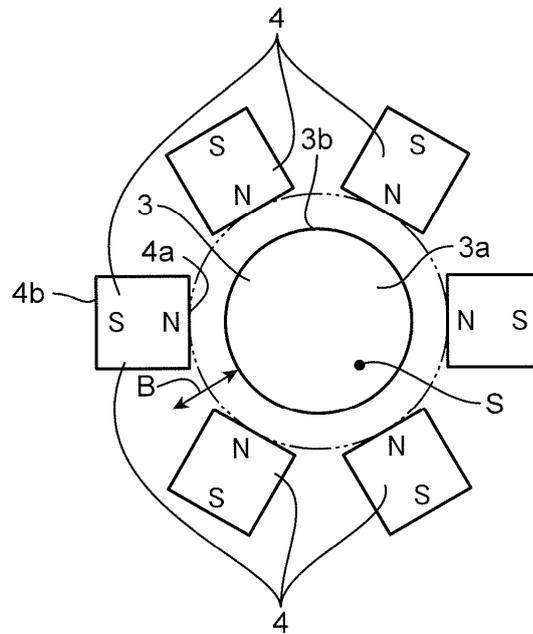


FIG.4

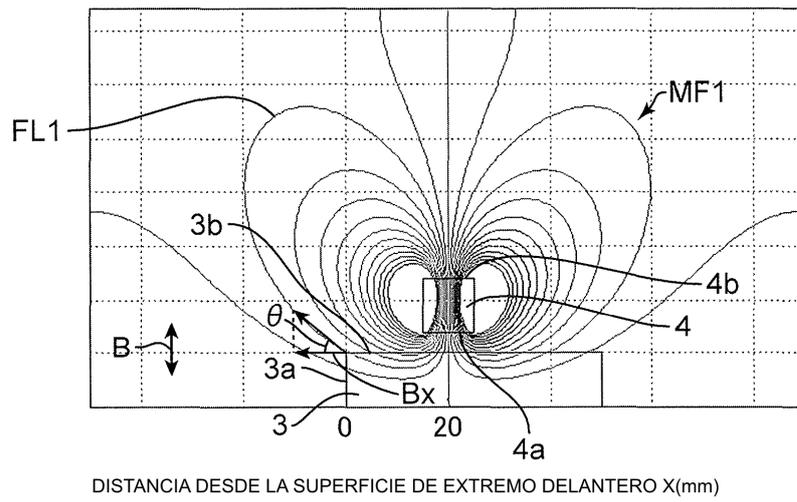


FIG.5

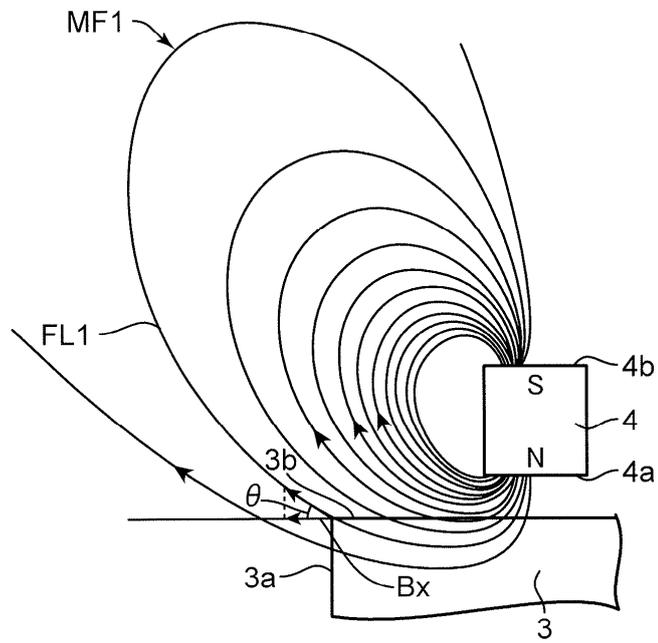


FIG.6

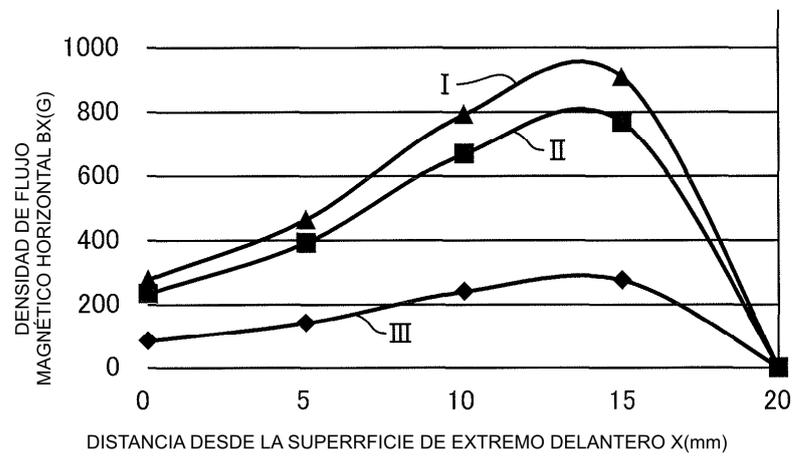


FIG.7

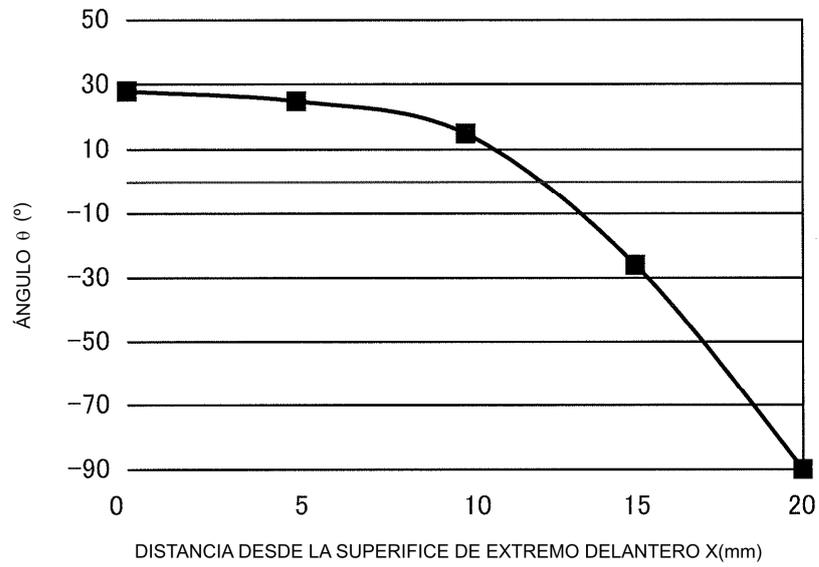


FIG.8

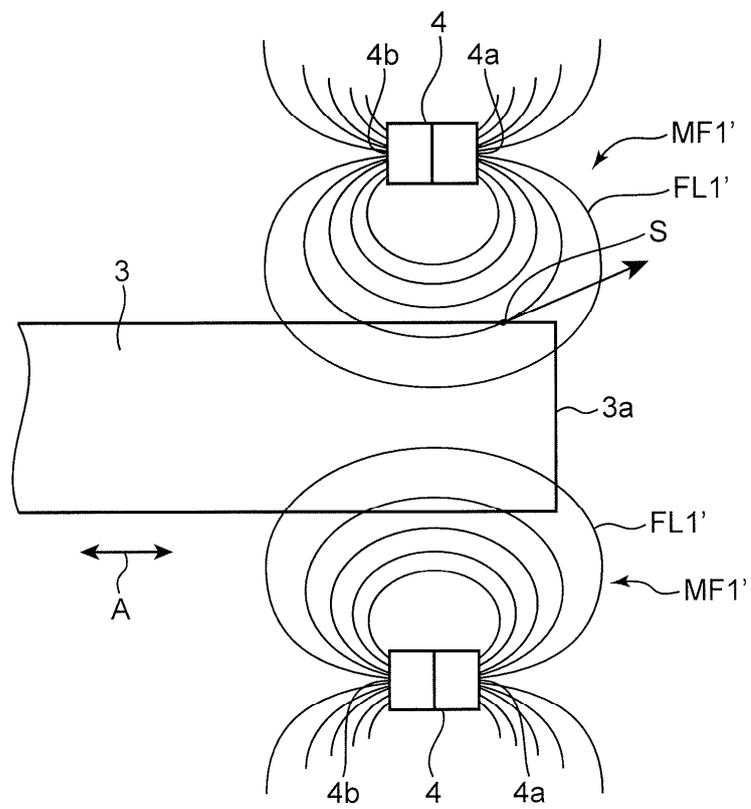


FIG.9

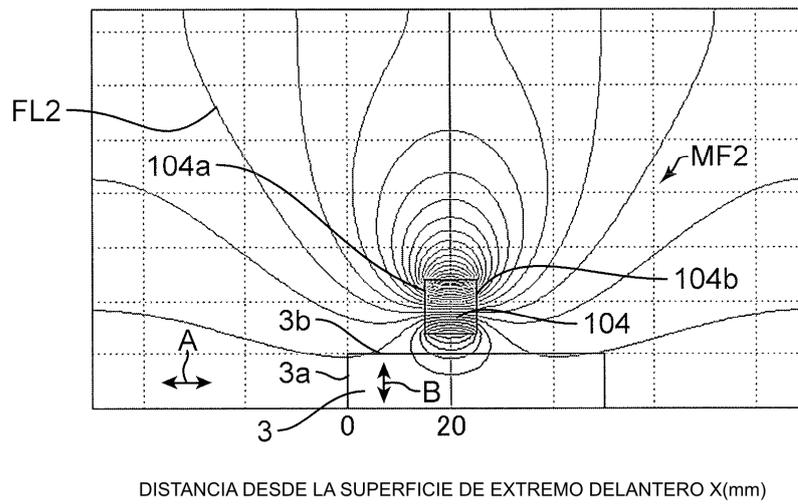


FIG.10

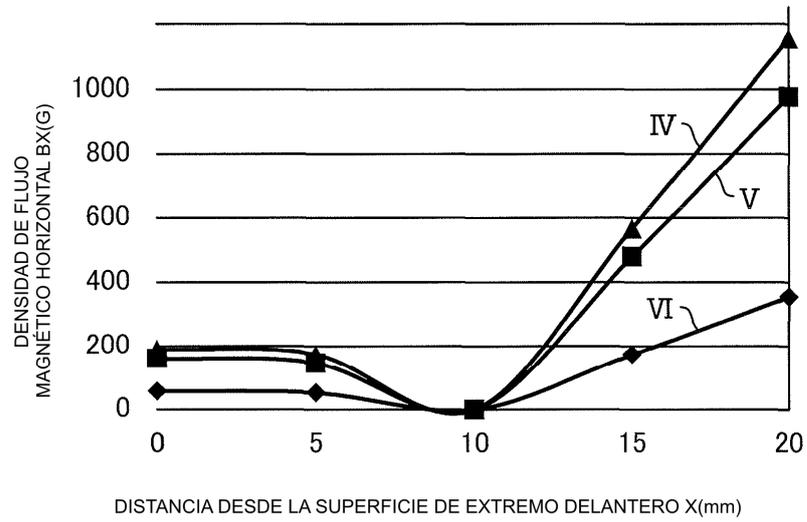


FIG.11

