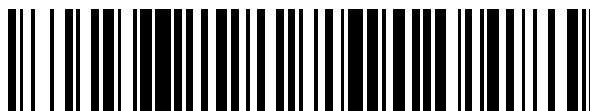


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 051**

51 Int. Cl.:

**H01F 1/153** (2006.01)

**C22C 33/00** (2006.01)

**C22C 45/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2015 E 15186430 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019 EP 3089175**

54 Título: **Una aleación amorfa a base de hierro ancha, precursora de una aleación nanocristalina**

30 Prioridad:

**30.04.2015 US 201562155160 P**

**11.09.2015 US 201562217335 P**

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

**20.11.2019**

73 Titular/es:

**METGLAS, INC. (100.0%)**

**440 Allied Drive**

**Conway, SC 29526, US**

72 Inventor/es:

**THEISEN, ERIC ALAN;**

**ITO, NAOKI;**

**MARTIS, RONALD JOSEPH;**

**REED, JR., DONALD ROBERT y**

**WEBB, JOHN PAUL**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

ES 2 732 051 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**

Una aleación amorfa a base de hierro ancha, precursora de una aleación nanocrystalina

5 **SECTOR DE LA TÉCNICA**

La presente invención se refiere a una cinta de aleación magnética blanda nanocrystalina a base de hierro cuya anchura es superior a 63,5 mm. La aleación amorfa en el mismo estado en el que se ha moldeado se trata térmicamente para obtener una estructura nanocrystalina. Dicha cinta tratada con calor puede utilizarse en sensores de corriente, inductores de saturación, transformadores, blindaje magnético y otros dispositivos de acondicionamiento de energía.

**ANTECEDENTES**

15 Muchos fabricantes, tales como Hitachi Metals y Vacuumschmelze, venden cintas de aleaciones amorfas, que son precursoras de las aleaciones nanocrystalinas, con una anchura máxima de hasta 63,5 mm. La anchura máxima actual está limitada por la tecnología de moldeado, lo que da como resultado propiedades magnéticas deficientes, grandes variaciones de grosor en toda la anchura de la cinta y poca capacidad de bobinado durante el moldeado.

20 Existe una importante demanda de aleaciones de lámina nanocrystalina utilizadas en dispositivos electrónicos de potencia. Las propiedades de baja pérdida de la cinta nanocrystalina las hacen adecuadas para una amplia gama de aplicaciones de transformadores de alta frecuencia (kHz). La cinta nanocrystalina también se utiliza en bobinas de choque para reducir los armónicos de alta frecuencia. La cinta nanocrystalina también se puede utilizar en aplicaciones de energía pulsada.

25 Las aleaciones nanocrystalinas se producen a través de un proceso de moldeado de flujo plano en el que el metal fundido se alimenta a una rueda de temple rotatoria en la que el metal se enfría rápidamente a un estado amorfo a velocidades de enfriamiento del orden de  $10^6$  °C/s. El grosor preferente para la cinta moldeada es entre 13 y 20 micrómetros. Las velocidades lineales de la rueda de temple de rotación están típicamente entre 25 y 35 m/s. La cinta se moldea de forma continua y se extrae de la rueda de temple y se transporta mecánicamente a un carrete grande que se mueve a la misma velocidad a la que se enrolla de forma continua.

30 Las aleaciones completamente amorfas a base de hierro convencionales se utilizan habitualmente en los núcleos de los transformadores y la cinta está disponible en anchuras de 5,6", 6,7" y 8,4" (en las que 1" es 2,54 cm) con un grosor de 25 micrómetros. Esta aleación nanocrystalina de solo 13 a 20 micrómetros de grosor hace que sea muy difícil agarrar y enrollar la cinta en anchuras que superen los 63,5 mm. La finura relativa de la cinta dificulta la captura mecánica de la cinta a altas velocidades sin romperla y, por lo tanto, la cinta no se puede enrollar de forma continua en un carrete.

40 La uniformidad del grosor en la dirección de la anchura también limita la capacidad de enrollar de forma continua la cinta en un carrete. Las variaciones de grosor pueden hacer que el carrete se enrolle mal a medida que se forma el carrete debido a que las secciones altas y bajas de la cinta se superponen progresivamente. Por ejemplo, un carrete que consiste en una cinta con una gran variación de grosor en toda la anchura estará muy suelto donde la cinta es más delgada y muy apretado donde la cinta es más gruesa, lo que hace que la cinta se rompa fácilmente durante el bobinado.

50 La dificultad de enrollar de forma continua la cinta es una de las razones por las cuales las aleaciones nanocrystalinas más anchas no están disponibles comercialmente. Si bien es posible moldear la cinta y enrollarla en un carrete en dos etapas distintas, esto es difícil en la práctica, ya que introduce muchos pliegues y arrugas en la cinta que pueden restar valor al rendimiento magnético suave. La colada continua y el bobinado síncrono de la cinta también es necesario para reducir el coste de producción de la cinta, ya que elimina las etapas de procesamiento intermedias.

55 A continuación, la cinta totalmente amorfa se trata con calor en un estado nanocrystalino. La patente de Estados Unidos No. 4.881.989 titulada "Aleación magnética blanda de base de Fe y procedimiento de producción de la misma" da a conocer la física de la transición de una cinta amorfa en el estado en el que se ha moldeado a una aleación nanocrystalina durante el tratamiento térmico. La Patente USA 2009/0065100 da a conocer una cinta de aleación amorfa para una aleación magnética blanda nanocrystalina y núcleos magnéticos producidos a partir de las aleaciones. La Patente USA 2014/0283957 da a conocer una cinta de aleación ancha amorfa a base de hierro hecha con química de FeBSi. La Patente EP2757172 da a conocer cintas nanocrystalinas a base de hierro que tienen anchuras menores o iguales a 53 mm.

65 La anchura estrecha disponible limita las aplicaciones principalmente a los materiales con núcleo de cinta enrollada pequeña. La producción de un transformador de alta frecuencia ancho actualmente requiere apilar múltiples núcleos de bobina estrecha juntos. La anchura de cinta estrecha también limita las velocidades de producción de la cinta nanocrystalina, lo que mantiene el coste de la cinta prohibitivamente alto para muchas aplicaciones. El grosor de la

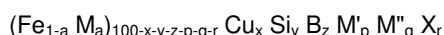
lámina de menos de 20 micrómetros dificulta el bobinado de cintas de más de 63,5 mm y no existe en el mercado una cinta más ancha.

5 CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

A la luz de las desventajas de las tecnologías actuales, el objetivo de la presente invención es dar a conocer una cinta precursora a base de hierro con grosores entre 13 y 20 micrómetros y anchuras superiores a 63,5 mm que puedan tratarse térmicamente en un estado nanocristalino con excelentes propiedades magnéticas blandas y dar a conocer un procedimiento de fabricación para producir una cinta más ancha que 63,5 mm.

10 Para lograr los objetivos mencionados anteriormente, la presente invención implica las siguientes soluciones técnicas:

15 Una aleación amorfa a base de hierro, precursora de la aleación nanocristalina, de composición



20 en la que M es Co y/o Ni, M' es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en Nb, W, Ta, Zr, Hf, Ti y Mo; M'' es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en V, Cr, Mn, Al, elementos en el grupo del platino, Sc, Y, elementos de tierras raras, Au, Zn, Sn y Re; X es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en C, Ge, P, Ga, Sb, In, Be y As, y a, x, y, z, p, q y r satisfacen, respectivamente,  $0 \leq a \leq 0,5$ ,  $0,1 \leq x \leq 3$ ,  $0 \leq y \leq 30$ ,  $1 \leq z \leq 25$ ,  $5 \leq y+z \leq 30$ ,  $0,1 \leq p \leq 30$ ,  $q \leq 10$  y  $r \leq 10$ ;

25 y en la que una anchura es mayor que 63,5 mm, un grosor está en el intervalo de 13 a 20  $\mu$ m, una inducción magnética de saturación es mayor que 1,15 T, y en la que la uniformidad del grosor de la cinta en la dirección de la anchura muestra variaciones de menos del +/- 15% del grosor total de la cinta.

Un procedimiento para fabricar la aleación amorfa a base de hierro, precursora de la aleación nanocristalina, tal como se ha definido anteriormente, de composición



30 en la que M es Co y/o Ni, M' es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en Nb, W, Ta, Zr, Hf, Ti y Mo; M'' es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en V, Cr, Mn, Al, elementos en el grupo del platino, Sc, Y, elementos de tierras raras, Au, Zn, Sn y Re; X es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en C, Ge, P, Ga, Sb, In, Be y As, y a, x, y, z, p, q y r satisfacen, respectivamente,  $0 \leq a \leq 0,5$ ,  $0,1 \leq x \leq 3$ ,  $0 \leq y \leq 30$ ,  $1 \leq z \leq 25$ ,  $5 \leq y+z \leq 30$ ,  $0,1 \leq p \leq 30$ ,  $q \leq 10$  y  $r \leq 10$ , que comprenden:

templar utilizando un solo rodillo,

35 en la que la aleación tiene una anchura mayor que 63,5 mm, un grosor en el intervalo de 13 a 20  $\mu$ m, una inducción magnética de saturación mayor que 1,15 T, y en la que la uniformidad del grosor de la cinta en la dirección de la anchura muestra variaciones de menos del +/- 15% del grosor total de la cinta, y se recuece para obtener una estructura nanocristalina.

45 Una cinta precursora a base de hierro de grosores entre 13 y 20 micrómetros y anchuras superiores a 63,5 mm que puede tratarse térmicamente en un estado nanocristalino con propiedades magnéticas blandas en la que la densidad de flujo magnético de saturación es mayor que 1,15 T, y la permeabilidad inicial probada a 1 kHz es mayor que 75.000. Además, se da a conocer un procedimiento de fabricación para producir una cinta más ancha que 63,5 mm. El grosor de la cinta es de entre 13 y 20 micrómetros, siendo más preferente de 16 a 18 micrómetros. La uniformidad del grosor de la cinta en la dirección de la anchura muestra variaciones menores del +/- 15% del grosor total de la cinta. La cinta amorfa estándar de 25 micrómetros de grosor está disponible en anchuras de 5,6", 6,7" y 8,4" (en las que 1" es 2,54 cm). La cinta nanocristalina precursora de la presente invención con un grosor de entre 13 y 20 micrómetros también se puede moldear en estas anchuras. La cinta nanocristalina precursora de la presente invención se puede moldear en anchuras que van desde 63,5 mm hasta la anchura que permita la máquina que la produce.

50 La composición de la aleación magnética blanda ancha basada en Fe tiene una composición representada por la siguiente fórmula:  $(Fe_{1-a} M_a)_{100-x-y-z-p-q-r} Cu_x Si_y B_z M'_p M''_q X_r$ , en la que M es Co y/o Ni, M' es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en Nb, W, Ta, Zr, Hf, Ti y Mo; M'' es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en V, Cr, Mn, Al, elementos en el grupo del platino, Sc, Y, elementos de tierras raras, Au, Zn, Sn y Re; X es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en C, Ge, P, Ga, Sb, In, Be y As, y a, x, y, z, p, q y r satisfacen, respectivamente,  $0 \leq a \leq 0,5$ ,  $0,1 \leq x \leq 3$ ,  $0 \leq y \leq 30$ ,  $1 \leq z \leq 25$ ,  $5 \leq y+z \leq 30$ ,  $0,1 \leq p \leq 30$ ,  $q \leq 10$  y  $r \leq 10$ , siendo la aleación, de forma preferente, como mínimo, el 50% cristalina con un tamaño de partícula promedio de 100 nm o menos. Las composiciones preferentes de la aleación magnética blanda ancha basada en Fe son aquellas que satisfacen:  $0 \leq a \leq 0,05$ ,  $0,8 \leq x \leq 1,1$ ,  $12 \leq y \leq 16$ ,  $6 \leq z \leq 10$ ,  $1 \leq p \leq 5$ ,  $q \leq 1$  y  $r \leq 1$ . Además,

65 en composiciones preferentes de la aleación magnética blanda ancha basada en Fe, M' es Nb o Mo.

La aleación se puede obtener, de forma preferente, por ejemplo, producir, utilizando templado utilizando un solo rodillo. En una realización, la aleación se produce utilizando un proceso de hilado por fusión de flujo plano en el que la fusión de las materias primas se produce en un horno de fusión por inducción sin núcleo que produce una aleación fundida de composición uniforme. El metal fundido se transfiere a un horno de retención que contiene el metal fundido y alimenta el líquido de forma continua a través de una boquilla de cerámica en una rueda de temple giratoria. La rueda de temple se enfría con agua internamente para eliminar el calor de la cinta. La boquilla de cerámica está lo suficientemente cerca de la rueda giratoria como para que el metal fundido forme un charco que une la boquilla y la rueda. Se extrae una cinta continua del charco de metal fundido y la cinta se enfría rápidamente mientras está en contacto con la rueda.

La uniformidad del grosor en la dirección de la anchura de la cinta depende de la capacidad para que el metal fundido fluya uniformemente a lo largo de la dirección de la anchura de la boquilla de cerámica. Los parámetros que influyen en el flujo de metal fundido son el espacio entre la boquilla y la rueda, la dimensión de la ranura a lo largo de la anchura de la boquilla y la presión metalo-estática entre el horno y la boquilla.

La deformación térmica de la superficie de la rueda de temple se produce entre el inicio del proceso de moldeado, en el que la rueda de temple está a temperatura ambiente y el proceso en estado estable, en el que el calor se conduce a través de la rueda. La deformación térmica de la rueda de temple provoca una variación entre el espacio de separación entre la boquilla y la rueda. La boquilla de cerámica está fijada mecánicamente en varias ubicaciones a lo largo de la dirección de la anchura para modificar la abertura de la ranura de la boquilla para compensar la deformación térmica de la rueda durante el período transitorio antes de alcanzar el estado estable. La fijación mecánica de la ranura de la boquilla en múltiples lugares mantiene un flujo uniforme de metal fundido y un grosor uniforme en la dirección de la anchura de la cinta. Esto permite que la anchura de la cinta sea mayor que 63,5 mm.

La cinta se retira mecánicamente de la rueda con un extractor de flujo de aire. La cinta forma un ángulo de bobinado de aproximadamente 180 grados con la rueda de temple que permite que la cinta se enfríe por debajo de 250 °C. La superficie de templado se pule de forma continua durante el moldeado para mantener la superficie limpia con una rugosidad promedio de menos de 1 micrómetro.

Una vez que se retira la cinta de la rueda de temple, un sistema de cepillado giratorio de doble giro atrapa la cinta y la transfiere a un carrete de bobinado. A continuación, el sistema de cepillado transfiere la cinta a una estación de bobinado en la que se transfiere a un carrete que se mueve a la misma velocidad que la rueda de temple giratoria.

Que el grosor de la cinta sea de solo 13 a 20 micrómetros facilita que la cinta se rompa mecánicamente durante la transferencia de la cinta entre la rueda de temple y la bobinadora. Se utiliza un sistema de cepillado doble modificado que utiliza cerdas de alambre ultrafinas para minimizar la rotura de la cinta durante la transferencia a la bobinadora.

La geometría de la bobinadora también se modifica para pasar la cinta entre 13 y 20 micrómetros. La bobinadora debe moverse a la misma velocidad que la rueda de temple, por lo que es preferente que el flujo de aire que rodea a la bobinadora se minimice para evitar cualquier fuerza no uniforme en la cinta que cause que se rompa.

#### DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS DIBUJOS

Figura 1: esquema del procedimiento de fabricación de la cinta precursora amorfa a base de hierro de la presente invención, en el que 1 es el horno de fusión por inducción, 2 es el horno de mantenimiento, 3 es la rueda de temple giratoria, 4 es el cepillo de rosca y 5 es la bobinadora y el carrete.

Figura 2: gráfico de la variación del grosor en la dirección de la anchura de la cinta cuando se utilizan los procedimientos de control de expansión de la ranura de la boquilla de la presente invención.

Figura 3: gráfico de la variación del grosor en la dirección de la anchura de la cinta cuando se utiliza la técnica anterior sin tener en cuenta la deformación térmica de la boquilla y la rueda de moldeado.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

La presente invención se describirá con más detalle en combinación con las figuras y realizaciones.

Para la composición de la aleación amorfa a base de hierro fundida como un precursor de la cinta nanocristalina, las materias primas consisten en hierro puro, ferroboro, ferrosilicio, ferroniobio y cobre puro. Estas materias primas se funden en un horno de inducción, de forma preferente se calientan a 1.400 °C, en el que el metal fundido se mantiene y se refina, lo que permite que las impurezas secundarias suban a la parte superior de la masa fundida, que se puede eliminar como escoria sólida, como se muestra en la figura 1, etapa 1. El metal fundido se transfiere a continuación a un horno de mantenimiento como se muestra en la figura 1, etapa 2.

El metal fundido se alimenta desde el horno de mantenimiento a través de la boquilla de moldeado de cerámica con

un caudal de presión constante controlada. La distancia desde la boquilla a la rueda de temple es, de forma preferente, de entre 150 y 300 micrómetros de distancia. El charco de metal fundido salva esta brecha y se forma un charco fundido estable a partir del cual el metal se solidifica y se moldea una cinta continua, tal como se muestra en la figura 1, etapa 3.

5 La cinta se retira de la rueda de temple y se engancha en un cepillo de rosca, tal como se muestra en la figura 1, etapa 4. A continuación, la cinta se transfiere a una velocidad sincronizada de la rotación de la rueda de temple al dispositivo de bobinado, tal como se muestra en la figura 1, etapa 5.

10 La velocidad de fusión recomendada está, de forma preferente, entre 25 y 35 m/s, siendo más preferente 28 a 30 m/s. El grosor de la cinta es de entre 13 y 20 micrómetros, siendo más preferente de 16 a 18 micrómetros. La uniformidad del grosor de la cinta en la dirección de la anchura muestra variaciones menores del +/- 15% del grosor total de la cinta. La figura 2 muestra el grosor típico de la cinta moldeada medido con un yunque de 1 cm comprobado a intervalos de 1 cm a lo largo de la dirección de la anchura de la cinta. La boquilla de cerámica de forma preferente se sujeta mecánicamente en varias posiciones a lo largo de la anchura de la boquilla para controlar la abertura de la ranura de la boquilla de manera que coincida con la deformación de la rueda de temple y mantiene un perfil de cinta plano. La figura 3 muestra un perfil de cinta de moldeo similar cuando la boquilla no está sujeta mecánicamente y se producen grandes variaciones de grosor en toda la anchura hasta el centro de la cinta.

20 La boquilla también se puede contornea para que coincida con la forma de la rueda de temple para minimizar las variaciones del perfil de la cinta. Aquí, la separación de altura del espacio entre la boquilla y la rueda se controla para mantener un perfil de cinta plano. Sin embargo, es preferente sujetar la boquilla debido a la mano de obra y el mecanizado adicionales necesarios para moldear la forma dentro de la boquilla.

25 A través de la implementación de las soluciones técnicas de la presente solución, la cinta precursora amorfa con una base de hierro de anchura superior a 63,5 mm puede tratarse térmicamente en un estado nanocristalino con excelentes propiedades magnéticas blandas. La cinta que se muestra en la figura 2 se cortó del material original de 142 mm, se cortó a anchuras de 20 mm desde el centro y desde cada borde y se formaron en pequeños toroides para pruebas magnéticas. La cinta se recoció en un horno a 550 °C durante una hora para inducir el estado nanocristalino.

30 La tabla 1 muestra las propiedades magnéticas promedio resultantes de los tres toroides y la variación entre el borde y la parte central de la cinta después de ser recocido a 550 °C en un horno de atmósfera inerte. Los niveles de inducción promedio en un campo aplicado de 800 A/m es 1,2 T con una variación de 0,5 T. La coercividad es 0,71 A/m con una variación de 0,25 A/m. Las permeabilidades son 104.000, 75.000 y 13.000 con una variación de 10.000, 5.000 y 3.000 cuando se prueban a 1 kHz, 10 kHz y 100 kHz, respectivamente.

Tabla 1. Propiedades magnéticas de los núcleos toroidales nanocristalinos con variabilidad típica a lo largo de la dirección de la anchura del molde para una realización de la presente invención.

Peso del toroide (g)	B800 (T)	Hc (A/m)	$\mu$ a 1 kHz	$\mu$ a 10 kHz	$\mu$ a 100 kHz
11 +/- 0,5	1,2 +/-0,05	0,71 +/-0,25	104.000 +/-10.000	75.000 +/-5.000	13.000 +/-3.000

40 La tabla 2 muestra la composición química en porcentaje en peso, la anchura y el grosor de la cinta de una realización de la presente invención.

Tabla 2. Química de la cinta, anchura y grosor para una realización de la presente invención.

Química de la aleación	Anchura de la cinta	Grosor de la cinta
(% en peso)	(mm)	(micrómetros)
Fe83Si8,6B1,4Nb5,5Cu1,3	142	18

45 La tabla 3 muestra la composición química en porcentaje en peso, la anchura y el grosor de la cinta de una realización de la presente invención.

Tabla 3. Química de la cinta, anchura y grosor para una realización de la presente invención.

Química de la aleación	Anchura de la cinta	Grosor de la cinta
(% en peso)	(mm)	(micrómetros)
Fe83Si8,6B1,4Nb5,5Cu1,3	142	18
Fe83Si8,6B1,4Nb5,5Cu1,3	142	15
Fe83Si8,6B1,4Nb5,5Cu1,3	216	18

Química de la aleación	Anchura de la cinta	Grosor de la cinta
(% en peso)	(mm)	(micrómetros)
Fe79,5Si6,2B2,1Nb5,2Cu1,3Ni5,9	142	18
Fe83Si8,6B1,4Mo5,6Cu1,3	51	17

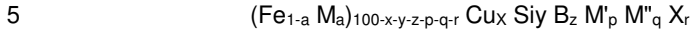
5 La tabla 4 muestra la química y las temperaturas de cristalización para las etapas inicial y secundaria para una realización de la presente invención. Normalmente, la cinta se enrolla en un núcleo toroidal o se corta y se apila en una forma y posiblemente se impregna con pegamento en una aplicación electrónica. A continuación, la forma del núcleo o apilada se recuece a una temperatura por encima del punto de cristalización de inicio pero por debajo del punto de cristalización secundario para inducir la fase nanocristalina.

10 Tabla 4. Química de la cinta y temperaturas de cristalización para las etapas inicial y secundaria para una realización de la presente invención.

Química de la aleación	Cristalización inicial	Cristalización secundaria
(% en peso)	T (C)	T (C)
Fe83Si8,6B1,4Nb5,5Cu1,3	540	650
Fe79,5Si6,2B2,1Nb5,2Cu1,3Ni5,9	530	650
Fe83Si8,6B1,4Mo5,6Cu1,3	515	650

**REIVINDICACIONES**

1. Aleación amorfa a base de hierro, precursora de la aleación nanocristalina, de composición



10 en la que M es Co y/o Ni, M' es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en Nb, W, Ta, Zr, Hf, Ti y Mo; M'' es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en V, Cr, Mn, Al, elementos en el grupo del platino, Sc, Y, elementos de tierras raras, Au, Zn, Sn y Re; X es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en C, Ge, P, Ga, Sb, In, Be y As, y a, x, y, z, p, q y r satisfacen, respectivamente,  $0 \leq a \leq 0,5$ ,  $0,1 \leq x \leq 3$ ,  $0 \leq y \leq 30$ ;  $1 \leq z \leq 25$ ;  $5 \leq y+z \leq 30$ ;  $0,1 \leq p \leq 30$ ,  $q \leq 10$  y  $r \leq 10$ ;

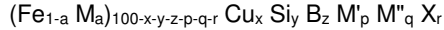
15 y en la que una anchura es mayor que 63,5 mm, un grosor está en el intervalo de 13 a 20  $\mu\text{m}$ , una inducción magnética de saturación es mayor que 1,15 T, y en la que la uniformidad del grosor de la cinta en la dirección de la anchura muestra variaciones de menos del +/- 15% del grosor total de la cinta.

20 2. Aleación, según la reivindicación 1, en la que la aleación tiene, como mínimo, dos eventos o temperaturas de cristalización y cuando se recuece entre una primera temperatura de cristalización y una segunda temperatura de cristalización da una aleación nanocristalina con un tamaño de partícula cristalina inferior a 100 nm.

25 3. Aleación, según las reivindicaciones 1 o 2, en la que la aleación se enrolla en un toroide, se apila y se lamina, a continuación se corta en forma, o se enrolla en toroides que después se cortan en otras formas que son más grandes que 63,5 mm de anchura.

30 4. Aleación, según las reivindicaciones 1 a 3, en la que la aleación cuando se enrolla en un núcleo toroidal se utiliza como un inductor de saturación o un interruptor magnético, un filtro de interferencia electromagnética, un transformador, un sensor de corriente y un sensor de interrupción de la corriente de fallo a tierra con una anchura superior a 63,5 mm.

35 5. Procedimiento para fabricar la aleación amorfa a base de hierro, precursor de la aleación nanocristalina, según la reivindicación 1, de composición



35 en la que M es Co y/o Ni, M' es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en Nb, W, Ta, Zr, Hf, Ti y Mo; M'' es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en V, Cr, Mn, Al, elementos en el grupo del platino, Sc, Y, elementos de tierras raras, Au, Zn, Sn y Re; X es, como mínimo, un elemento seleccionado del grupo que consiste en C, Ge, P, Ga, Sb, In, Be y As, y a, x, y, z, p, q y r satisfacen, respectivamente,  $0 \leq a \leq 0,5$ ,  $0,1 \leq x \leq 3$ ,  $0 \leq y \leq 30$ ,  $1 \leq z \leq 25$ ,  $5 \leq y+z \leq 30$ ,  $0,1 \leq p \leq 30$ ,  $q \leq 10$  y  $r \leq 10$ , que comprenden:

40 templar utilizando un solo rodillo, en la que la aleación tiene una anchura mayor que 63,5 mm, un grosor en el intervalo de 13 a 20  $\mu\text{m}$ , una inducción magnética de saturación mayor que 1,15 T, y en la que la uniformidad del grosor de la cinta en la dirección de la anchura muestra variaciones de menos del +/- 15% del grosor total de la cinta, y se recuece para obtener una estructura nanocristalina.

45 6. Procedimiento, según la reivindicación 5, en el que la aleación tiene, como mínimo, dos eventos o temperaturas de cristalización y cuando se recuece entre la primera temperatura de cristalización y la segunda temperatura de cristalización durante un tiempo que varía entre 10 segundos y 4 horas, da lugar a una aleación nanocristalina con un tamaño de partícula cristalina menor que 100 nm.

50

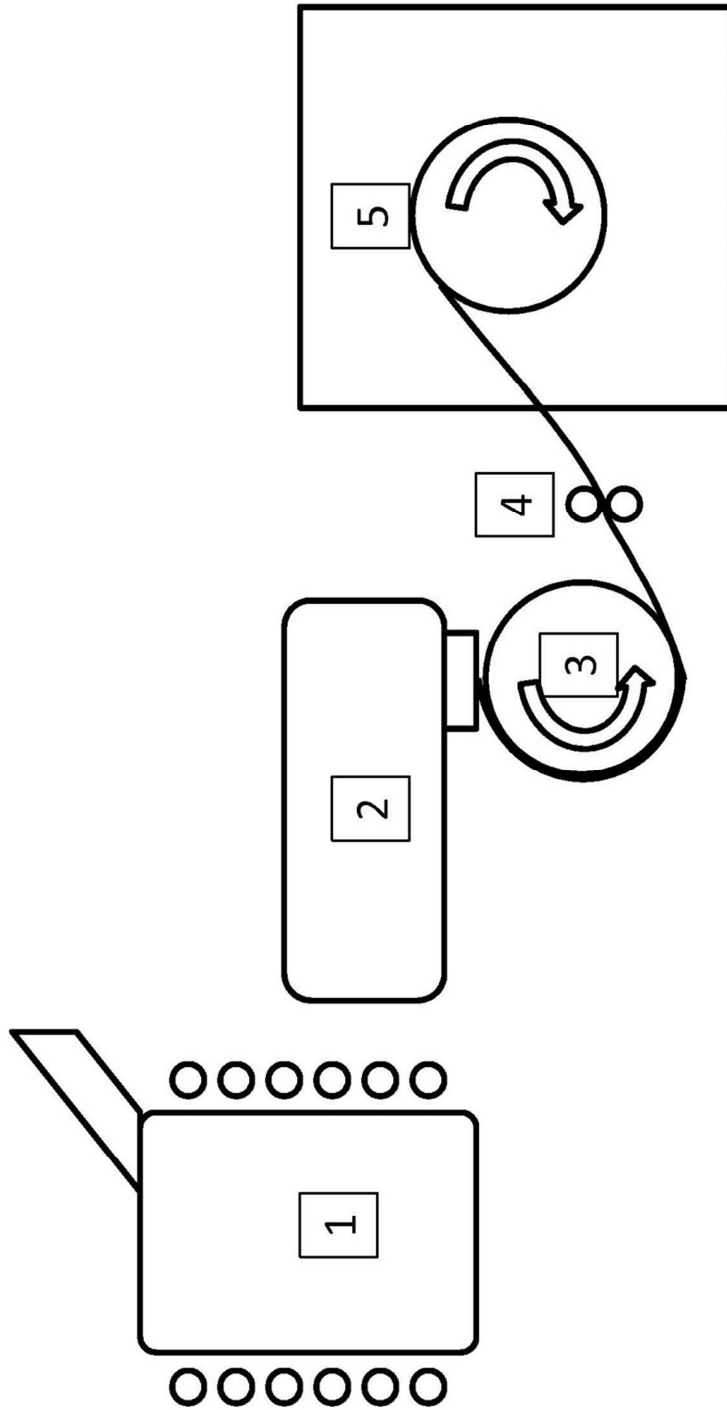


Figura 1



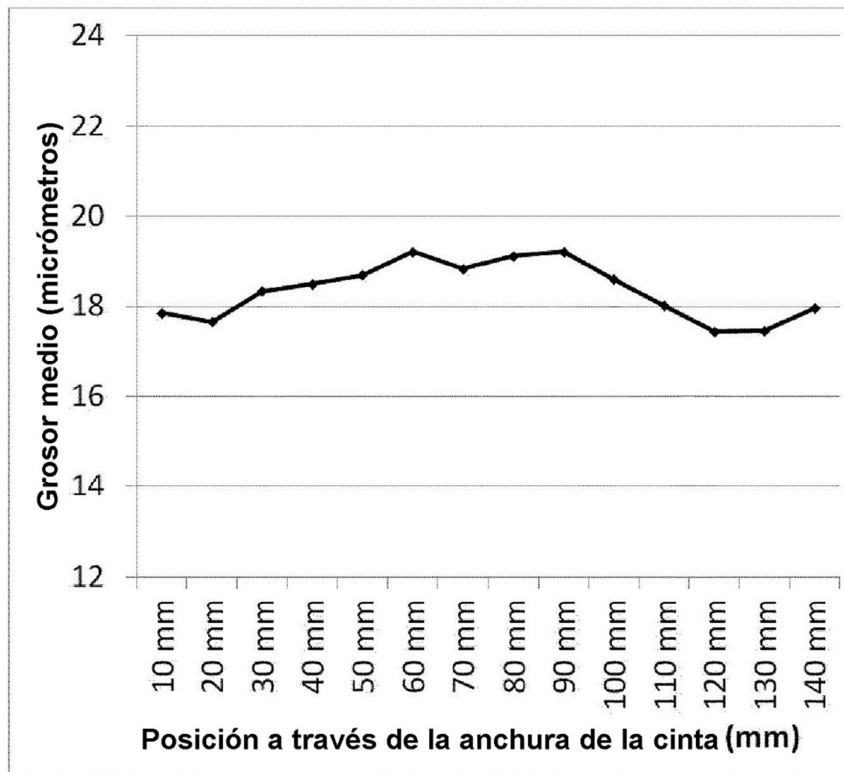


Figura 2

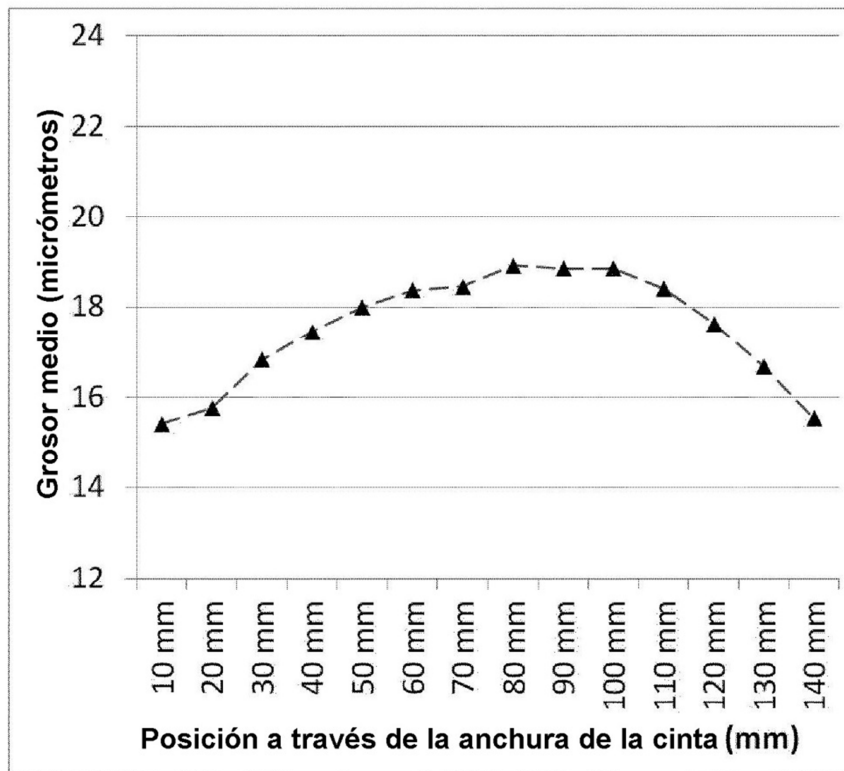


Figura 3