

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 020**

51 Int. Cl.:

C21D 1/74	(2006.01)	H01F 1/147	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01)		
C22C 38/08	(2006.01)		
C21D 8/12	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/14	(2006.01)		
C22C 38/16	(2006.01)		
C22C 38/42	(2006.01)		
C22C 38/58	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.03.2008 PCT/FR2008/000403**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.11.2008 WO08142229**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2008 E 08787849 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 2129808**

54 Título: **Aleación austenítica hierro-níquel-cromo-cobre**

30 Prioridad:

30.03.2007 EP 07290382

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

12.06.2018

73 Titular/es:

**APERAM ALLOYS IMPHY (100.0%)
1-5, rue Luigi Cherubini
93200 Saint Denis, FR**

72 Inventor/es:

**WAECKERLE, THIERRY y
DANYLOVA, OLENA**

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 672 020 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

Aleación austenítica hierro-níquel-cromo-cobre

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a una aleación austenítica hierro-níquel cromo-cobre, más particularmente destinada a la fabricación de dispositivos electromagnéticos.
- [0002]** Las aleaciones hierro-níquel y hierro-níquel-cromo ricas en níquel son conocidas desde hace mucho tiempo y utilizadas en numerosas aplicaciones de ingeniería eléctrica (electrónica, electrotécnica), de visualización, 10 de transporte de energía, de regulación térmica o de seguridad eléctrica, gracias a sus propiedades físicas originales y variadas.
- [0003]** Así, presentan dilatabilidades térmicas entre 20 y 100 °C comprendidas entre 2 y $13 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ según su composición, lo que es una característica excepcional para un material dúctil, propia de ciertos materiales raros. 15
- [0004]** Presentan asimismo un buen a muy buen comportamiento a la corrosión acuosa, todavía mejor cuando el porcentaje de níquel, o de cromo, aumenta.
- [0005]** Se observa asimismo una gran aptitud para el conformado, relacionado con la estructura austenítica 20 monofásica, que permite un laminado fácil con espesores muy finos, corte, punzonado, estampado, embutición a gran velocidad.
- [0006]** Su comportamiento ferromagnético, caracterizado por la existencia de un punto de Curie T_c (temperatura de desaparición del ferromagnetismo) es igualmente notable, así como sus propiedades magnéticas 25 (permeabilidad relativa μ_r , campo coercitivo H_c , pérdidas magnéticas P).
- [0007]** Estas son muy buenas, pues van en el sentido de un reducido consumo de energía para imantar estas aleaciones. Así estas aleaciones hierro-níquel y hierro-níquel-cromo se utilizan desde hace mucho tiempo en las aplicaciones electromagnéticas donde es imperativo, bien ahorrar energía (motores eléctricos de relojería, relés de 30 alta sensibilidad de disyuntor diferencial, motores de gran velocidad y bajo calentamiento, ...), bien disponer de una histéresis muy reducida para limitar significativamente la dispersión de medición de los sensores magnéticos (transformador de corriente, sensor de corriente continua, transmisor y sincrotransmisor) o las pérdidas histeréticas (transformador de medición, de módem...), bien ofrecer una canalización muy privilegiada de los flujos magnéticos como en ciertas culatas magnéticas de accionador de gran dinámica (inyector electromagnético de gasolina, por 35 ejemplo), motor en rueda, en los blindajes magnéticos pasivos de gran atenuación.
- [0008]** Las aleaciones hierro-níquel, cuyo campo coercitivo es generalmente inferior a 125 mOe, permiten así un salto real de consumo de energía de los sistemas eléctricos, respecto de los materiales de tipo hierro-silicio utilizados tradicionalmente, porque estos últimos alcanzan campos coercitivos del orden de 190 mOe siguiendo una 40 sola dirección lo que interesa a pocas aplicaciones, es decir, que más generalmente valen de 500 a 1250 mOe cuando la aplicación necesita vehicular el flujo magnético en diferentes direcciones del material (motores, generadoras, etc). US2005161123 describe una aleación magnética suave cuya composición comprende, en % en peso, $\text{Ni} \leq 34$ %, $0 \% \leq \text{Co} \leq 4$ %, $0 \% \leq \text{Cu} \leq 4$ %, $1 \% \leq \text{Cr}$ %, $0 \% \leq \text{Mo} \leq 8$ %, $0 \% \leq \text{Nb} \leq 1$ %, $0 \% \leq \text{Mn} \leq 2$ %, $0 \% \leq \text{V} \leq 5$ %, $0 \% \leq \text{W} \leq 5$ %, $0 \% \leq \text{Si} \leq 4$ %, $0 \% \leq \text{Al} \leq 4$ %, $0 \% \leq \text{C} \leq 0,4$ %, eventualmente, uno o varios elementos tomados entre el 45 magnesio y el calcio en contenidos tales que su suma se mantiene inferior al 0,1 %, el resto siendo el hierro y las impurezas resultantes de la elaboración, la composición química satisfaciendo además las relaciones: $180,5 \leq 6 \times \text{Ni} - 2,5 \times (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V} + \text{W} + \text{Si} + \text{Al}) + 4 \times (\text{Co} + \text{Cu}) \leq 197,5$ y $\text{Co} + \text{Cu} \leq 4$ % y su utilización para la fabricación de un estator de motor de relojería. Sin embargo, existe una necesidad de mejora de ciertas propiedades de estas aleaciones de hierro-níquel, como las relativas a la resistencia a la corrosión en medios acuosos ácidos y a la 50 corrosión por niebla salina que siguen sin ser suficientes en ciertos entornos agresivos.
- [0009]** Además, la fabricación de láminas de estas aleaciones comprende tratamientos térmicos industriales en atmósferas a menudo poco puras, lo que conlleva la formación de una capa oxidada en la superficie que protege el metal de base de una oxidación más importante. Pero esta capa de superficie es muy poco adherente y muy poco 55 sólida mecánicamente, lo que hace que su acción protectora sea poco eficaz.
- [0010]** El objeto de la presente invención es remediar estos inconvenientes proponiendo una composición de aleación que presenta una resistencia a la corrosión acuosa ácida y a la corrosión por niebla salina mejorada, apta para la formación de una capa de oxidación de superficie sólida y adherente, que pueda utilizarse para numerosas

aplicaciones y que presente un coste reducido.

[0011] A estos efectos, la invención tiene por primer objeto una aleación austenítica hierro-níquel-cromo-cobre cuya composición comprende en % en peso:

5	$24 \% \leq \text{Ni} \leq 36 \%$
	$\text{Cr} \geq 0,02 \%$
10	$\text{Cu} \geq 0,1 \%$
	$\text{Cu} + \text{Co} \leq 15 \%$
15	$0,01 \leq \text{Mn} \leq 6 \%$
	$0,02 \leq \text{Si} \leq 2 \%$
	$0 \leq \text{Al} + \text{Ti} \leq 3 \%$
20	$0 \leq \text{C} \leq 2 \%$
	$0 \leq \text{V} + \text{W} \leq 6 \%$
25	$0 \leq \text{Nb} + \text{Zr} \leq 0,5 \%$
	$0 \leq \text{Mo} \leq 8$
	$\text{Sn} \leq 1$
30	$0 \leq \text{B} \leq 0,006 \%$
	$0 \leq \text{S} + \text{Se} + \text{Sb} \leq 0,008 \%$
	$0 \leq \text{Ca} + \text{Mg} \leq 0,020 \%$

el resto siendo el hierro y las impurezas resultantes de la elaboración, los porcentajes de níquel, cromo, cobre, cobalto siendo tales que la aleación satisface además las condiciones siguientes:

40	$\text{Co} < \text{Cu}$
	$\text{Co} < 4 \% \text{ si } \text{Cr} > 7,5 \%$
	$\text{Eq1} > 28 \% \text{ con } \text{Eq1} = \text{Ni} + 1,2 \text{ Cr (Cu/5)}$
45	$\text{Cr} < 7,5 \% \text{ si } \text{Ni} > 32,5 \%$,

y el contenido de manganeso respetando además las condiciones siguientes:

- si $\text{Eq3} \geq 205$, $\text{Mn} \leq \text{Ni} - 27,5 + \text{Cu} - \text{Cr}$
- 50 - si $180,5 \leq \text{Eq3} \leq 205$, $\text{Mn} \leq 4 \%$
- si $\text{Eq3} \leq 180,5$, $\text{Mn} \leq 2 \%$

con

$$\text{Eq3} = 6\text{Ni} - 2,5\text{X} + 4(\text{Cu} + \text{Co}) \text{ y } \text{X} = \text{Cr} + \text{Mo} + \text{V} + \text{W} + \text{Si} + \text{Al}$$

55 **[0012]** La solución propuesta es una familia de aleaciones Fe-Ni-Cr-Cu austeníticas y ferromagnéticas que se prestan a una elaboración industrial económica, por horno de arco o de inducción, con pocos elementos onerosos y que ofrecen rendimientos elevados u originales para varios campos de aplicaciones que se van a detallar a continuación. Nunca se había descubierto hasta ahora que una familia de aleación podía satisfacer todas esas

propiedades. Además, la utilización de una misma aleación para aplicaciones muy diferentes (por ejemplo, que satisfaga a la vez necesidades de dilatabilidad reducida, de comportamiento a la corrosión, de magnetismo y punto de Curie) permite producir un tonelaje más importante, tener una mayor experiencia de producción industrial y por tanto una aleación más fiable en términos de reproducibilidad de las propiedades.

5

[0013] Además, los presentes inventores han constatado la aptitud del silicio, del cromo y del cobre, para reforzar mecánicamente y químicamente la capa protectora oxidada de superficie y para hacerla muy adherente. Así la capa oxidada se vuelve muy estable durante el tratamiento térmico o durante la utilización en atmósfera ambiente oxidante, muy estable químicamente ante los productos químicos exteriores y muy estable mecánicamente ante los golpes y frotamientos entre piezas metálicas durante el ciclo industrial de producción.

10

[0014] Además, este óxido muy estable presenta generalmente un espesor fino de unos micrones, según el ciclo de tratamiento térmico utilizado. Este reducido espesor de óxido es particularmente interesante en relojería, porque limita y calibra al mismo tiempo el entrehierro entre estator y núcleo magnético de bobina, generando respectivamente a la vez una limitación de la energía consumida por la pila del reloj y una reducción de la dispersión industrial de los motores de relojería.

15

[0015] A continuación, se va a describir la invención detalladamente, pero de forma no limitativa e ilustrada por ejemplos.

20

[0016] La aleación según la invención comprende en % en peso, los contenidos descritos a continuación.

[0017] El contenido en níquel está limitado al 36 %, preferentemente al 35 % en peso y de forma más particularmente preferida al 34 %, incluso al 29 %. Una tal limitación permite limitar en gran medida el coste de la aleación. Permite asimismo tener una resistividad eléctrica de al menos 70 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$, incluso de al menos 80 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ si el contenido en níquel es inferior al 34 %, lo que es uno de los elementos de una buena dinámica de imantación (los otros dos son un reducido espesor de metal y un reducido campo coercitivo). Para ciertas aplicaciones, como la fabricación de láminas bimetal, se prefiere mantener el contenido de níquel superior o igual al 30 % para asegurar un punto de Curie elevado. El contenido de níquel es como mínimo del 24 % para garantizar la obtención de una estructura austenítica en el conjunto del ámbito de composición según la invención.

25

30

[0018] El contenido de cromo es superior o igual al 0,02 % porque hace falta un mínimo de cromo para tener las propiedades de comportamiento a la corrosión exigidas. Además, cuando el contenido de níquel está comprendido entre el 32,5 y el 36 %, el contenido de cromo está limitado al 7,5 % para limitar el coste del conjunto de los elementos diferentes al hierro y al silicio.

35

[0019] Estas características permiten mejorar el comportamiento a la corrosión acuosa ácida, a la corrosión atmosférica y la oxidación en caliente de la aleación, porque se observa la formación de un óxido superficial muy estable químicamente, que además es muy adherente al metal. Además, la adición de estos elementos no degrada significativamente las otras propiedades de uso de la aleación, como el punto de Curie o la imantación de saturación.

40

[0020] El contenido de cobre es superior o igual al 0,1 % y está limitado a un contenido del 15 % y preferentemente a un contenido del 10 % (para limitar el coste del conjunto de los elementos diferentes al hierro y el silicio), con sustitución posible por cobalto. Además de su impacto sobre la resistencia a la corrosión de la aleación, el cobre mejora sensiblemente la adherencia de la capa oxidada que se forma en caliente en la superficie de la aleación.

45

[0021] Se prefiere que la aleación no contenga cobalto por su coste y por esta misma razón, si el cobalto está presente, es necesario que su contenido sea inferior al del cobre. Además, cuando el cromo está presente a razón de más del 7,5 %, el cobalto debe estar limitado al 4 % como máximo, y preferentemente al 2 %, porque se quiere limitar el coste del conjunto de los elementos diferentes al hierro y el silicio.

50

[0022] La adición de al menos un 0,02 % de silicio permite mejorar de forma significativa el comportamiento al desgaste mecánico de la capa de óxido de superficie. Además, el silicio puede añadirse a razón del 2 % a la aleación según la invención para participar en su desoxidación en el horno de arco, sin dañar las otras propiedades de la aleación.

55

[0023] Además, los presentes inventores han constatado que los contenidos de níquel, cromo y cobre debían

respetar la relación siguiente:

$$Eq1 > 28 \% \text{ con } Eq1 = Ni + 1,2Cr + (Cu/5)$$

5 **[0024]** Efectivamente, el respeto de esta condición permite garantizar el carácter austenítico de la aleación, sin el cual ninguna de las propiedades de uso de la aleación sería conforme a los objetivos buscados e impediría asimismo tener una buena aptitud para el conformado.

10 **[0025]** El contenido de manganeso está comprendido entre el 0,01 y el 6 % en peso, y preferentemente entre el 0,02 y el 6 % en peso, lo que permite obtener una aleación que se transforma bien en caliente gracias a la formación de sulfuros, sin degradar las propiedades de uso de la aleación, como el punto de Curie o la imantación de saturación. Para mantener valores de inducción de saturación Bs superiores a 4000 G, se prefiere que el contenido en manganeso se mantenga inferior al 5 %. De forma más particularmente preferida, el contenido en manganeso está comprendido entre el 0,1 y 1 % en peso. Además, en presencia de cromo, su efecto sobre la
15 inducción de saturación aumenta, de ahí la necesidad de limitarlo de la siguiente manera:

$$Mn \leq Ni - 27,5 + Cu - Cr \quad \text{si } Eq \geq 205$$

$$Mn \leq 4 \% \quad \text{si } 180,5 \leq Eq3 \leq 205$$

$$Mn \leq 2 \% \quad \text{si } Eq3 \leq 180,5$$

con

$$Eq3 = 6Ni - 2,5X + 4(Cu+Co)$$

y

$$X = Cr + Mo + V + W + Si + Al$$

30 **[0026]** La aleación puede comprender asimismo elementos de adición como el carbono, el titanio, el aluminio, el molibdeno, el vanadio, el tungsteno, el niobio, el circonio, el estaño, el boro, el azufre, el selenio, el antimonio, el calcio o el magnesio.

35 **[0027]** El carbono puede añadirse a la aleación hasta en un 2 % y preferentemente hasta un 1 % para endurecer la aleación por formación de carburos. Sin embargo, cuando la aplicación de la aleación necesita un campo coercitivo Hc de menos de 125 mOe, el contenido de carbono se mantendrá inferior al 0,1 % después de la elaboración-solidificación en lingote o desbaste porque su presencia degrada fuertemente esta característica. Además, para alcanzar esta característica (Hc) y conservarla en el tiempo, un tratamiento térmico de descarburación
40 podrá aplicarse a la chapa delgada en el estado final para disminuir significativamente el porcentaje de carbono a menos de 100 ppm, y preferentemente a menos de 50 ppm.

45 **[0028]** El titanio y el aluminio pueden añadirse a la aleación en una cantidad acumulada del 3 % para endurecer el grado por precipitación de compuestos Ni₃(Ti, Al). La adición de aluminio también puede ayudar a mejorar la aptitud a la soldabilidad de la aleación en vidrio. No obstante, durante los tratamientos térmicos con gas reductor, se desea utilizar amoníaco craqueado o una mezcla previa de nitrógeno + hidrógeno. Sin embargo, el nitrógeno se combina desde los recocidos a baja temperatura en compuestos de tipo AlN o TiN, y por tanto hay que reducir el contenido de residuos Al, Ti al mínimo para garantizar la compatibilidad entre altos rendimientos magnéticos y tratamiento térmico con gas que comporta nitrógeno. Este punto se aplica en particular a cualquier aplicación que
50 necesite altos rendimientos magnéticos y que implique recocidos en atmósfera que contenga nitrógeno. En ese caso, se limita el contenido acumulado de titanio y aluminio a 30 ppm y preferentemente a 20 ppm.

55 **[0029]** El molibdeno puede añadirse hasta un 8 % para mejorar a la vez la resistencia mecánica y la resistencia a la oxidación en caliente de la aleación. Se limitará preferentemente al 4 % para limitar el coste de los elementos diferentes al Fe y Si.

[0030] El vanadio y el tungsteno pueden añadirse a la aleación con un máximo acumulado del 6 %, para mejorar su tenacidad, y se añaden preferentemente a menos del 3 % con el fin de limitar el coste del conjunto de los elementos diferentes al hierro y al silicio.

- [0031]** El niobio y el circonio pueden añadirse a la aleación con un máximo acumulado del 0,5 % para mejorar su resistencia mecánica.
- 5 **[0032]** El estaño puede añadirse a la aleación hasta un 1 % como sustitución parcial del cromo.
- [0033]** El boro puede añadirse a la aleación según la invención en cantidades que van de 2 a 60 ppm, y preferentemente de 5 a 10 ppm, para mejorar su cortabilidad por formación de nitruros de boro. Por debajo de esta horquilla, su efecto ya no es observable, mientras que este efecto satura por encima de 60 ppm.
- 10 **[0034]** El azufre es una impureza presente en las chatarras utilizadas para la elaboración de la aleación, pero también puede añadirse en cantidades que van de 5 a 80 ppm, y preferentemente de 10 a 30 ppm, para mejorar tanto la cortabilidad y la maquinabilidad de la aleación por formación de sulfuro de manganeso. Se podrá sustituir todo o parte del azufre por adición de selenio y/o de antimonio.
- 15 **[0035]** Cuando son añadidos en calidad de aditivos de cortabilidad, los contenidos acumulados de azufre y de boro están comprendidos preferentemente entre 5 y 60 ppm y preferentemente se asocia estos dos elementos respetando su rango preferido respectivo.
- 20 **[0036]** De la misma manera, se puede añadir a la aleación según la invención calcio y magnesio hasta un máximo acumulado de 4 a 200 ppm para mejorar la cortabilidad por formación de compuestos de tipo MgO o CaO, el amplio rango de Ca+Mg permitiendo regular el compromiso entre la aptitud para el corte y los rendimientos magnéticos, porque contrariamente a ciertos sulfuros (MnS) y nitruros (AIN...) un recocido reductor a alta temperatura no podrá disolverlos al final de la fabricación.
- 25 **[0037]** El resto de la composición está constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración. Entre estas, se citará más particularmente el fósforo, el nitrógeno y el oxígeno que están contenidos en un máximo de 500 ppm. Para ciertas aplicaciones, es necesario limitar los contenidos acumulados de oxígeno y nitrógeno a 100 ppm para mantener el campo coercitivo en los límites deseados.
- 30 **[0038]** De una forma general, la aleación según la invención puede elaborarse y fabricarse en forma de banda laminada en caliente, después en frío antes de ser recocida y después eventualmente endurecida. Asimismo, es posible detenerse en el estado de la banda laminada en caliente.
- 35 **[0039]** La aleación según la invención puede utilizarse igualmente en forma de productos macizos, forjados o no, de barras o de alambres salidos de un laminado en caliente eventualmente completado con un trefilado.
- [0040]** Las bandas o pieza de aleación podrán obtenerse por cualquier procedimiento adaptado, tal como el experto en la materia sabe hacerlo.
- 40 **[0041]** Así, la aleación según la invención se fundirá preferentemente en el horno de inducción en vacío en lingotes. Los lingotes podrán ser forjados forjarse entre 1100 y 1300 °C, después laminados en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000 y 1200 °C. Después se podrá decapar químicamente la banda en caliente y después laminarla en frío hasta el espesor requerido.
- 45 **[0042]** Cuando se desee desarrollar una estructura cristalográfica particular, de tipo {100}<001>, se procede a un laminado en frío con una tasa de endurecido global del 90 al 99 % en varias pasadas sin recocido intermedio entre cada pasada.
- 50 **[0043]** Tras el laminado en frío, se practica preferentemente un recocido entre 800 y 1100 °C durante 1 hora para ablandar la banda de aleación y facilitar así su corte o conformado posterior. Pero puede ser aún más ventajoso cortar por punzonado, estampado a gran velocidad en el estado endurecido al final del laminado en frío, sobre todo si el metal se ha optimizado para esta aplicación por los elementos mencionados anteriormente tales como B, S, Ca, Mg, Se...
- 55 **[0044]** Después del corte o del conformado las piezas obtenidas podrán recocerse ventajosamente a 1100 °C durante 3 horas en H₂ purificado (punto de rocío <-70 °C) para, particularmente, optimizar las propiedades magnéticas de la aleación. En cambio, este recocido puede ser totalmente inútil si se buscan particularmente propiedades de dilatación o de punto de Curie o de resistencia a la corrosión.

[0045] Como se ha visto anteriormente, las aleaciones según la invención pueden producirse en recocido industrial con todo tipo de gases.

5 [0046] Las aleaciones según la invención encuentran aplicaciones potenciales en numerosos ámbitos. Se definen así los ámbitos de composición preferidos, agrupando las aleaciones más particularmente adaptadas a una aplicación dada, que se van a describir detalladamente a continuación.

Dispositivos electromagnéticos con autorregulación de temperatura

10

[0047] En una primera realización preferida, los porcentajes de níquel, cromo, cobre, cobalto, molibdeno, manganeso, vanadio, tungsteno, silicio y aluminio son tales que la aleación satisface además las condiciones siguientes:

15

$$0,02 \leq Mn$$

$$Eq2 \geq 0,95 \text{ con } Eq2 = (Ni - 24) [0,18 + 0,08(Cu + Co)]$$

20 y

$$Eq3 \geq 161$$

y

25

$$Eq4 \leq 10 \text{ con } Eq4 = Cr - 1,125(Cu + Co)$$

y

30

$$Eq5 \leq 13,6 \text{ con } Eq5 = Cr - 0,227(Cu+Co)$$

y

35 y

$$Eq6 \geq 150 \text{ con } Eq6 = Ni - 2,5X + 1,3(Co+Cu)$$

y

40

[0048] Esta composición está más particularmente adaptada a la fabricación de dispositivos electromagnéticos con autorregulación de temperatura.

45 [0049] Un material ferromagnético blando presenta una permeabilidad μ muy superior a la permeabilidad del vacío. Cuando este material se somete a una excitación magnética variable en el tiempo, genera muchas más pérdidas magnéticas antes de alcanzar un valor característico llamado punto de Curie T_c que cuando supera esta temperatura por encima de la cual el material deja de ser ferromagnético. Además, la imantación de saturación del material, sus pérdidas magnéticas y por tanto su generación de potencia térmica decrecen a medida que se acerca al T_c .

50

[0050] La autorregulación de temperatura se realiza entonces cerca del punto de Curie de la aleación si las pérdidas magnéticas residuales propias de cualquier conductor no magnético se evacuan, es decir, que el flujo de calor que emana de la aleación sea superior al flujo de calor generado en pérdidas magnéticas. Para ello, a veces se necesita acoplar a la aleación según la invención un material que sea mucho mejor conductor térmico como el aluminio o el cobre, encargado de evacuar las pérdidas paramagnéticas y que permita, particularmente, la
55 aluminio o el cobre, encargado de evacuar las pérdidas paramagnéticas y que permita, particularmente, la autorregulación de temperatura en las aplicaciones de cocción por inducción donde el calor de un recipiente calentado accidentalmente en vacío solo se evacuaría por convección natural.

[0051] Esta técnica se ha descrito especialmente en la patente de aplicación EP 1 455 622, donde la

autorregulación de temperatura se obtiene asociando aleaciones con bajo T_c entre 30 y 350 °C y al menos el 32,5 % de níquel, con un difusor térmico de aluminio que permita evacuar las pérdidas magnéticas de la aleación Fe-Ni-Cr cuando alcanza T_c .

- 5 **[0052]** La principal propiedad de uso sigue siendo por tanto el punto de Curie funcional que se busca entre 30 °C y 400 °C para la cocción por inducción, la calefacción industrial por inducción, por ejemplo, de boquillas de inyectores, de moldes de composite, el recalentamiento de alimentos de bebidas, comidas, productos médicos, de sangre y constituyentes, de materias blandas u orgánicas, etc...
- 10 **[0053]** Se busca también un comportamiento mínimo a la corrosión y a la oxidación porque las aleaciones están a menudo en contacto con diferentes medios y/o constituyentes de atmósferas industriales. Se pide pues una buena estabilidad química de la aleación que se traduce por un buen comportamiento a la corrosión acuosa, un buen comportamiento a la corrosión por niebla salina y una buena estabilidad mecánica (adhesión + comportamiento al desgaste) de la capa oxidada de superficie en atmósfera caliente y oxidante.
- 15 **[0054]** Además, se buscan asimismo de forma preferente, aleaciones que presenten un coeficiente de dilatación entre 20 y 100 °C superior a $4 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, incluso superior a $7 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Esta característica permite, en particular, reducir el eventual efecto de lámina bimetal que puede existir entre la aleación y una capa de conductor estrechamente asociado a la aleación por chapado, gripado, soldado, depósito de plasma, etc.
- 20 **[0055]** En cambio, no hay exigencia particular sobre las propiedades magnéticas y el campo coercitivo puede degradarse mucho. Por tanto, se pueden añadir proporciones importantes de carbono del orden del 2 % como máximo y preferentemente menos del 1 %. En efecto, se sabe desde hace tiempo que el carbono en gran cantidad pone la red cristalina bajo un esfuerzo fuerte e incrementa así la interacción de intercambio entre momentos magnéticos y por tanto aumenta el punto de Curie, lo que permite disminuir todavía el porcentaje de níquel para conservar el mismo nivel de punto de Curie y, por tanto, la misma temperatura de autorregulación.
- 25 **[0056]** La aplicación de autorregulación de temperatura, sin embargo, no está restringida a la cocción por inducción de los líquidos y sólidos alimentarios, sino que se dirige más generalmente a cualquier sistema doméstico o industrial que utilice un inductor electromagnético y al menos una pieza activa térmicamente sobre elementos de paso que deben calentarse momentáneamente sin exceder cierta temperatura crítica.
- 30 **[0057]** A modo de ejemplo, se citará la inyección de fluidos más o menos viscosos, alimentarios o no, para acelerar la producción de porción de materia precalentada para degustación, o también como requisito previo antes de alguna otra operación industrial como el pegado termoactivado, la polimerización de plásticos, composites, etc.
- 35 **[0058]** Se citará asimismo el calentamiento rápido y autorregulado de superficie de moldes de forma para composites termoendurecibles (necesidad de regular la temperatura entre 200 y 350 °C según el tipo de composite) o termoplásticos (necesidad de regular la temperatura entre 150 y 250 °C según el tipo de composite).
- 40 **[0059]** Se citará también el calentamiento autorregulado de una aguja o inserto de aleación de bajo T_c biocompatibilizado con un revestimiento, en el centro de un tumor maligno (cuyas células se ven más afectadas por el calor que las células normales).
- 45 **[0060]** Se citará, por último, el calentamiento autorregulado de una matriz de extrusión, de hilado, etc. que permiten limitar el gradiente térmico en la pieza realizada a través de la boquilla, limitando así el esfuerzo interno, fragilización de superficie, gradiente de propiedades, heterogeneidades estructurales...
- 50 **[0061]** Las aleaciones según la invención tales como las definidas anteriormente permiten alcanzar todas las propiedades requeridas.
- 55 **[0062]** En particular, los inventores han constatado que el respeto de los valores límites de las ecuaciones 2 a 7 permiten garantizar tanto un nivel de inducción de saturación a 20 °C superior a 0, e incluso superior a 1000 G que permiten emitir calor por pérdidas magnéticas, como un punto de Curie $T_c \geq 30$ °C.
- [0063]** De una forma más general, y sea cual sea la aplicación según la invención, se constata que, adaptando la composición de la aleación, se puede modificar el valor de cada una de las ecuaciones 2 a 7, de manera que sea conforme al valor limitado impuesto en una aplicación particular, y así regular el nivel de inducción, así como el valor de T_c de la aleación en cuestión.

Dispositivos con autorregulación de flujo magnético.

5 [0064] Según otra realización preferida, la aleación puede ser además tal que:

$$\text{Ni} \leq 29 \%$$

$$\text{Co} \leq 2 \%$$

10 $0,02 \leq \text{Mn} \leq 2 \%$

$$\text{Eq2} \geq 0,95 \text{ con Eq2} = (\text{Ni} - 24) [0,18 + 0,08(\text{Cu} + \text{Co})]$$

15 y $\text{Eq3} \geq 161$

20 y $\text{Eq4} \leq 10 \text{ con Eq4} = \text{Cr} - 1,125(\text{Cu} + \text{Co})$

25 y $\text{Eq5} \leq 13,6 \text{ con Eq5} = \text{Cr} - 0,227(\text{Cu} + \text{Co})$

30 y $\text{Eq6} \geq 150 \text{ con Eq6} = 6\text{Ni} - 2,5\text{X} + 1,3(\text{Co} + \text{Cu})$

$$\text{Eq7} \geq 160$$

35 [0065] Esta composición está adaptada más particularmente a la fabricación de dispositivos con autorregulación de flujo magnético.

40 [0066] La regulación de flujo magnético de un dispositivo en función de la temperatura ambiente se apoya en el decrecimiento de la imantación de saturación con la temperatura alrededor del punto de Curie, con un índice de decrecimiento sensiblemente constante y bastante fuerte. Esto permite mediante un sistema de derivación de flujo compensar exactamente el decrecimiento de imantación de los imanes jugando con las proporciones de sección de paso de flujo magnético entre imán y aleación de compensación y así proporcionar siempre el mismo flujo magnético en un rango dado de temperatura.

45 [0067] Esta autorregulación de flujo magnético se realiza más comúnmente alrededor de la temperatura ambiente, y en particular entre 30 °C y +100 °C. Por tanto, se necesitan diferentes aleaciones que tendrán un punto de Curie Tc dentro de este rango de temperatura.

50 [0068] En cambio, no hay exigencia particular en cuanto a las propiedades magnéticas y este caso de aplicación el campo coercitivo puede degradarse mucho respecto del límite de 10A/m correspondiente al potencial de rendimiento de las nuevas aleaciones según la invención. Como se ha dicho anteriormente, se podrá obtener hasta el 2 % de carbono y preferentemente hasta el 1 % de carbono.

Dispositivos con dilatación controlada

55 [0069] Según otra realización preferida, la aleación puede ser además tal que:

$$\text{Ni} \leq 35 \%$$

$$0,02 \leq \text{Mn}$$

$$C \leq 0,5 \%$$

$$Eq2 \geq 1$$

$$Eq3 \geq 170$$

$$Eq4 \leq 10 \text{ con } Eq4 = Cr - 1,125(Cu + Co)$$

$$Eq5 \leq 13,6 \text{ con } Eq5 = Cr - 0,227(Cu + Co)$$

$$Eq6 \geq 159$$

$$Eq7 \geq 160 \text{ con } Eq7 = 6Ni - 5Cr + 4Cu$$

20 **[0070]** Esta composición está más particularmente adaptada a la fabricación de dispositivos con dilatación controlada.

[0071] Se entiende por aleación con dilatación controlada las aleaciones que presentan coeficientes de dilatación más reducidas que las otras aleaciones metálicas ($\alpha_{20-100} > 10 \cdot 10^{-6}/^{\circ}C$), es decir típicamente, $\alpha_{20-100} < 10 \cdot 10^{-6}/^{\circ}C$ o $\alpha_{20-300} < 13 \cdot 10^{-6}/^{\circ}C$.

[0072] Encuentran un uso en las aplicaciones que necesitan conservar una geometría y cotas precisas de ciertos de estos compuestos en función de la temperatura, o bien que necesitan una fuerte compatibilidad en dilatabilidad térmica entre uno de estos materiales activos y una aleación con dilatación controlada, que aporta otras funciones (conductor de corriente, por ejemplo, o incluso soporte mecánico). Estas aplicaciones tienen en común someter a los componentes a variaciones de temperatura en un rango que va de 20 a 450 °C.

[0073] Para ciertas aplicaciones, también es necesario ser estrechamente compatible en dilatación térmica con otro material activo en la aplicación (silicio, germanio, AsGa, SiC, vidrios sódicos, otros vidrios, aceros inoxidables de dilataciones reducidas, cerámicas, etc.). Esta estrecha compatibilidad entre un material y la aleación permite al conjunto de estos dos materiales unidos por chapado, soldadura, encolado, soldadura blanda, gripado... dilatarse juntos sin modificar su forma, las cotas evolucionando únicamente de forma previsible como consecuencia de la ley general de dilatación térmica. Otra ventaja de esta estrecha compatibilidad de dilatación es que hay muy pocos esfuerzos internos de origen térmico entre los dos materiales lo que hace que la fatiga térmica en funcionamiento del bimaternal sea despreciable, prolongando así considerablemente la duración de su vida.

[0074] Una de estas aplicaciones es el conexionado de circuito integrado (*leadframe*) donde la aleación está unida estrechamente al semiconductor para traerle la corriente eléctrica. Es necesario pues emplear una aleación con dilatación controlada, para limitar fuertemente la fatiga térmica y el deterioro prematuro de la interfaz.

[0075] Otra aplicación es para el soporte mecánico con baja dilatación en un rango de temperatura predefinido. Por ejemplo, un proyector de vídeo utiliza una multitud de pequeños espejos cuya posición debe moverse lo menos posible con el calentamiento del aparato que puede llevar el soporte de los espejos hasta a 400-450 °C localmente.

[0076] Otra aplicación es la fabricación de soportes y cajas de transistor, semiconductores de circuito de optoelectrónica (AsGa, por ejemplo), tubos de RX, conductos estancos de vidrios...

[0077] En todas estas aplicaciones, la aleación con dilatación controlada está estrechamente unida a un semiconductor o a un vidrio o a una cerámica, y las necesidades de dilatabilidad pueden ir de 4 a $5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}C$ a $11 \cdot 10^{-6}/^{\circ}C$. Se puede citar por ejemplo el soporte/flejado de grandes cristales de techo de automóviles (batientes o no), donde la aleación debe dilatarse imperativamente con el pegamento que los une de la misma manera que la pieza de vidrio. Se puede citar también el soporte con reducida deformación de las cerámicas como los PZT piezoeléctricos utilizados como actuadores de inyección de carburante en los automóviles.

[0078] También es posible que la aleación con dilatación controlada solo aporte esta función en la aplicación, siendo apta para el conformado de forma precisa por doblado, embutición, estampado, estirado, mecanizado mecánico o químico (grabado), soldado, etc.: en este caso, la pieza mecánica con las cotas precisas realizadas en la aleación con dilatación controlada tiene la ventaja de dilatarse débilmente y de forma predefinida en un amplio rango de temperatura. Así las piezas de un cañón de electrones se calientan por el efecto de los electrones, ofreciéndoles únicamente algunos agujeros para pasar (calibrado del haz electrónico) que es la función de estas piezas: por tanto, se necesita una aleación que se dilate lo menos posible en todo el rango de temperatura de trabajo, y con una buena aptitud al conformado.

[0079] Además de la dilatabilidad, un buen comportamiento a la corrosión acuosa ácida, un buen comportamiento a la corrosión por niebla salina y un buen comportamiento al desgaste mecánico de la capa de óxido son propiedades buscadas. Estas propiedades se obtienen con recocidos industriales poco costosos (punto de rocío bajo o degradado) o en entornos severos sin necesidad de protección adicional.

[0080] Estas aleaciones representan, por tanto, buenas soluciones como sustitución a las aleaciones FeNi convencionales, al tiempo que contienen menos níquel que estos.

Sensores de corriente, de transformadores de medición o sensores magneto-armónicos

[0081] En otra realización preferida, la aleación puede ser además tal que:

$$\text{Cu} \leq 10 \%$$

$$0,02 \leq \text{Mn}$$

$$\text{C} \leq 0,1$$

$$\text{Eq}2 \geq 1$$

$$\text{Eq}3 \geq 170$$

$$\text{Eq}4 \leq 10 \text{ con } \text{Eq}4 = \text{Cr} - 1,125(\text{Cu} + \text{Co})$$

$$\text{Eq}5 \leq 13,6 \text{ con } \text{Eq}5 = \text{Cr} - 0,227(\text{Cu} + \text{Co})$$

$$\text{Eq}6 \geq 159$$

$$\text{Eq}7 \geq 160 \text{ con } \text{Eq}7 = 6\text{Ni} - 5\text{Cr} + 4\text{Cu}$$

[0082] Esta composición está adaptada más particularmente a la fabricación de sensores de corrientes o de transformadores de medición.

[0083] Preferentemente, se busca una aptitud para obtener buenos rendimientos magnéticos en cualquier tipo de atmósfera industrial no oxidante como gas neutro, He, H₂, N₂, NH₃ etc. lo que obliga, por tanto, a reducir el máximo posible el contenido de titanio, preferentemente < 30ppmTi, preferentemente < 20ppmTi.

[0084] Se entiende por sensor de corriente o transformador de medición, los dispositivos de detección de corriente o de campo magnético en un objetivo de alerta de superación de umbral (disyuntor diferencial electrónico) o de medición de corriente, de campo (transformador de corriente, de tensión, contador de energía, sensor de corriente continua).

[0085] Este tipo de aplicaciones necesita particularmente un reducido campo coercitivo mientras que la imantación de saturación puede ser reducida (4000 a 8000 G a 20 °C) como, por ejemplo, en numerosos casos de sensor de corriente de bucle cerrado, o bien puede elevarse (> 10 000 G) como en el caso de los sensores de corriente de bucle abierto.

[0086] La magnitud principal de la aplicación es la precisión de medición que está altamente relacionada con el campo coercitivo de la aleación utilizada, así como en muchos casos la linealidad B-H de la curva de imantación o

del ciclo de histéresis: cuanto más débil es Hc, mejor es la precisión de medición.

[0087] Para ciertas aplicaciones, como los transformadores-sensores de corriente de banda ancha de frecuencia, hace falta una histéresis dinámica muy reducida para garantizar una buena precisión de medición en las frecuencias medias, lo que es posible que se obtenga por estructuras de bucle cerrado que funcionen con baja inducción, pero también eligiendo materiales con débil Hc y alta resistividad eléctrica.

[0088] En síntesis, un material adaptado a estas aplicaciones debe presentar las características siguientes:

- 10 - Inducción Bs a 20 °C de 4000 G a más de 13 000 G según la aplicación;
 - Hc < 75 mOe (preferentemente < 37 mOe);
 - Resistividad eléctrica $\rho_{el} > 60\mu\Omega.cm$ (preferentemente $\rho_{el} > 70\mu\Omega.cm$).

[0089] En ciertos casos de aplicaciones, se busca, además, la linealidad de la curva de imantación B-H hasta el codo de la curva de imantación. Esta linealidad se caracteriza por la relación Br/Bm de la inducción remanente sobre una inducción medida en zona de acercamiento a la saturación. Si Br/Bm < 0,3 la linealidad se hace explotable en estas aplicaciones específicas con núcleos magnéticos sin entrehierro localizado.

[0090] Las aleaciones según la invención permiten alcanzar la totalidad de estas propiedades.

[0091] La composición adaptada a estas aplicaciones está adaptada igualmente a la fabricación de sensores magnetoarmónicos.

[0092] En esta aplicación, un material con alta permeabilidad y reducido campo coercitivo está sometido a la polarización magnética más o menos grande de un material magnético semirremanente; el estado de imantación de este último (imantado, desimantado o parcialmente imantado) corresponde a una información o una alarma que se transmite al material blando a través de la polarización de este. El material blando se excita a media frecuencia por un campo magnético externo, que produzca ninguno, poco o mucho armónico del fundamental emitido según si el material blando estuvo sometido a respectivamente un semirremanente desimantado, parcialmente imantado o imantado. Así la amplitud de armónico detectada es la imagen del nivel de polarización del semirremanente.

[0093] Por ejemplo, en una biblioteca, este dispositivo se desliza en el estado imantado en la solapa de cada libro almacenado. Cuando se presta, el libro se registra y al mismo tiempo se desimanta para pasar sin problema por el pórtico de seguridad (no hay emisión de armónico). Si el libro no se ha desimantado con el equipo específico, la tasa importante de emisión armónica activa la puesta en marcha de la señal de alerta al pasar hacia la salida bajo el pórtico de detección.

[0094] Para reaccionar dinámicamente a dichos impulsos hace falta una gran dinámica de imantación es decir una resistividad eléctrica elevada, un muy reducido espesor de banda típicamente inferior a 50 μm , y preferentemente inferior a 30 μm , y un reducido campo coercitivo, típicamente Hc inferior a 63 mOe, y preferentemente inferior a 25 mOe. El campo coercitivo controla también a la primera orden la sensibilidad del sensor magneto-armónico y permitirá activarlo para un alejamiento de la antena de excitación aún más grande cuanto más reducido sea Hc. El campo coercitivo es la propiedad más limitativa para el ámbito de composición que deberá estar limitado en cobre por este motivo.

[0095] En síntesis, un material adaptado a estas aplicaciones debe presentar las características siguientes:

- Hc < 63 mOe (preferentemente < 25 mOe) a la vez para tener una buena sensibilidad del sensor al campo de excitación de media frecuencia y para limitar la histéresis dinámica (por tanto, favorecer la dinámica de imantación).
 50 - Resistividad eléctrica $r_{el} > 60\mu\Omega.cm$ (preferentemente $r_{el} > 80\mu\Omega.cm$) para tener una buena dinámica de respuesta a la excitación externa de media frecuencia.

[0096] Las aleaciones según la invención permiten alcanzar la totalidad de estas propiedades.

55 **Motores y actuadores electromagnéticos**

[0097] Según otra realización preferida, la aleación puede ser además tal que:

$$0,05 \% \leq Mn \leq 2 \%$$

$$C \leq 0,1$$

$$Eq2 \geq 1,5$$

$$Eq3 \geq 175$$

$$Eq4 \leq 7 \text{ si Ni} \leq 32,5, \text{ o } Eq4 \leq 10 \text{ si Ni} > 32,5$$

$$Eq5 \leq 10,6 \text{ si Ni} \leq 32,5, \text{ o } Eq5 \leq 13,6 \text{ si Ni} > 32,5$$

$$Eq6 \geq 164$$

$$Eq7 \geq 160 \text{ con, } Eq7 = 6Ni - 5Cr + 4Cu$$

5

10

15

[0098] Esta composición está más particularmente adaptada a la fabricación de motores y actuadores electromagnéticos.

20 **[0099]** Preferentemente, se busca una aptitud para obtener buenos rendimientos magnéticos en cualquier tipo de atmósfera industrial no oxidante como el gas neutro, He, H₂, N₂, NH₃ etc. lo que obliga, por tanto, a reducir el máximo posible el contenido de titanio, preferentemente < 30ppmTi, preferentemente <20ppmTi.

25 **[0100]** Los motores y actuadores electromagnéticos que pueden fabricarse según la invención presentan una potencia volúmica media a fuerte, una gran precisión de movimiento, una débil disipación y un bajo coste.

[0101] Se englobará en esta aplicación todos los dispositivo electromagnéticos no polarizados que comportan una pieza móvil (rotor para sistema rotativo t. q. motor, alternador, sincrotransmisor, sensor de par de reluctancia, motor en rueda, etc. paleta o núcleo para los sistemas en traslación t. q. motor lineal, electroválvula, inyector, actuador lineal impulsivo tipo *camless* etc.) de material magnético blando de alta resistividad eléctrica y reducidas pérdidas magnéticas y una parte estática que comporta un material magnético imantado.

[0102] Los dispositivos según la invención presentan, en particular, las características siguientes:

- 35 - una dimensión bastante reducida a muy reducida según la potencia transferida en la aplicación, sabiendo que cuanto más fuerte sea la potencia del actuador o sensor o motor, más importante es disponer de un material con saturación elevada. Esto implica una inducción de saturación superior a 5000 G;
- una débil disipación de energía (o buen rendimiento energético) gracias a una resistividad eléctrica elevada (>70μΩ.cm), un reducido H_c (< 125 mOe), una permeabilidad bastante elevada en corriente continua (> 5000μ0);
- 40 - una buena precisión de colocación de la parte móvil que reduzca fuertemente el fenómeno de histéresis dinámico unidireccional o rotacional (obtenido con H_c < 125 mOe y, preferentemente < 75 mOe). Esta propiedad es particularmente importante para los sensores de par de reluctancia variable, para los transmisores y sincrotransmisores y, más generalmente, para todos los sistemas rotativos con débil reluctancia de entrehierro.

45 **[0103]** En este tipo de aplicaciones, las culatas magnéticas pueden realizarse por apilado de piezas cortadas, con espesores bastante reducidos (> 0,1 mm, preferentemente 0,15 mm) que permiten limitar al máximo las corrientes inducidas macroscópicas, las pérdidas magnéticas, el fenómeno de histéresis dinámico; en los sistemas con sollicitaciones magnéticas unidireccionales (electroválvulas, electroinyección, actuador Camless, actuador de seguridad de gas, por ejemplo), se utiliza más bien una chapa gruesa o un alambre con la forma de la culata final por embutición/conformado/prensado/mecanizado etc. antes del recocido final.

50

[0104] En el caso de los dispositivos con campos magnéticos giratorios (sistemas rotativos, por ejemplo) es preferible que la aleación presente la mejor isotropía posible de sus rendimientos magnéticos, porque si no esto introduce oscilaciones de par en función del paso de rotación (caso de los motores), fluctuaciones de reluctancia magnética en función de la posición de la pieza móvil (caso del sincrotransmisor, del sensor de par de reluctancia...).
55 Se resuelve el problema bien utilizando secuencias de laminado-recocido que no desarrollen textura cristalográfica, bien desarrollando una textura de tipo «plana», por ejemplo, {100}<0vw> o {111}<uvw>.

[0105] En el caso de dispositivos de actuador electromagnético de seguridad, no polarizado, como los utilizados para prevenir las fugas de gas doméstico en los sistemas de calefacción por gas (calentador de agua por

ejemplo), se necesitan corrientes reducidas de accionamiento y activación del dispositivo (así como una diferencia reducida entre esas corrientes) lo que pasa necesariamente por campos coercitivos reducidos (ver más arriba) y por reducidos entrehierros entre culata magnética y núcleo móvil del actuador, pero también por una reducida remanencia para garantizar la activación incluso con entrehierros muy reducidos, para reducir la diferencia de las corrientes de accionamiento y de activación, para reducir la dispersión de producción de los rendimientos del dispositivo. Se busca en particular en este caso de aplicación $B_r/B_{max} < 0,5$ y preferentemente $< 0,3$ (B_{max} inducción para un campo magnético al menos igual a $3H_c$).

[0106] Las aleaciones según la invención permiten alcanzar la totalidad de estas propiedades.

10

Estatores para motores de relojería

[0107] Según otra realización preferida, la aleación puede ser además tal que:

15

$$0,05 \% \leq Mn \leq 2 \%$$

$$C \leq 0,1$$

20

$$Co \leq 1,8 \%$$

$$O + N \leq 0,01 \%$$

$$Eq2 \geq 1,5$$

25

$$Eq3 \geq 175$$

$$Eq4 \leq 7 \text{ si } Ni \leq 32,5, \text{ o } Eq4 \leq 10 \text{ si } Ni > 32,5$$

30

$$Eq5 \leq 10,6 \text{ si } Ni \leq 32,5, \text{ o } Eq5 \leq 13,6 \text{ si } Ni > 32,5$$

$$Eq6 \geq 164$$

$$Eq7 \geq 160 \text{ con } Eq7 = 6Ni - 5Cr + 4Cu$$

35 la aleación satisface además al menos una de las relaciones siguientes:

$$0,0002 \leq B \leq 0,002 \%$$

40

$$0,0008 \leq S + Se + Sb \leq 0,004 \%$$

$$0,001 \leq Ca + Mg \leq 0,015 \%$$

[0108] Esta composición está más particularmente adaptada a la fabricación de estatores para motores de relojería, en particular del tipo paso a paso.

45

[0109] Preferentemente, se busca una aptitud para obtener buenos rendimientos magnéticos en cualquier tipo de atmósfera industrial no oxidante como el gas neutro, He, H₂, N₂, NH₃ etc. lo que obliga, por tanto, a reducir el máximo posible el contenido de titanio, preferentemente $< 30 \text{ ppmTi}$, preferentemente $< 20 \text{ ppmTi}$.

50

[0110] Para este tipo de aplicaciones, se buscan aleaciones con un débil coste al tiempo que satisfagan un cierto número de propiedades.

55

[0111] Se busca en primer lugar una buena cortabilidad de la banda de aleación por punzonado, estampado o cualquier otro procedimiento adaptado, que permita un reducido desgaste de la herramienta y una gran cadencia de corte. Efectivamente, el metal es suministrado por el fabricante en el estado endurecido o reblandecido para conservar una dureza mecánica suficiente del metal propicia a la cortabilidad por estampado y a gran cadencia. Sin embargo, esta dureza no es suficiente para llegar a cortar cientos de miles de piezas de estator sin producir rebabas significativas y sin desgastar la matriz de corte y sobre todo el punzón de corte hasta el punto de tener que afilarlo de nuevo o cambiarlo. Para lograrlo, hay que insertar también en el metal ciertas distribuciones inclusionarias finas

que tienen la función de «cortar siguiendo la línea de puntos» durante el proceso de corte entre punzón y matriz. Además, estas inclusiones finas deben poder eliminarse durante el recocido a alta temperatura ulterior de optimización de las propiedades magnéticas. Por eso las aleaciones según la invención destinadas a esta aplicación incorporan de 8 a 40 ppm de S, Se, Sb y/o de 2 a 20 ppm y/o de 10 a 150 ppm de Ca, Mg.

5

[0112] Se busca después una inducción de saturación B_s que debe ser superior a 4000 G a 60 °C, y preferentemente inferior a 7000 G.

[0113] Se busca asimismo reducir al máximo el consumo eléctrico del motor de relojería cuando se utiliza a su potencia nominal, es decir, cuando las aleaciones magnéticas del estator trabajan cerca del codo de imantación B-H del material.

10

[0114] Para ello, para un espesor de estator limitado a un mínimo de 0,4 mm por debajo del cual la rigidez mecánica dejaría de ser suficiente, la aleación debe presentar una resistividad eléctrica de más de $70\mu\Omega\cdot\text{cm}$, y preferentemente superior a $80\mu\Omega\cdot\text{cm}$, y un reducido campo coercitivo H_c inferior a 125 mOe y preferentemente inferior a 75 mOe antes del montaje en el reloj.

15

[0115] Además, el consumo eléctrico del reloj no debe aumentar significativamente cuando la temperatura ambiente aumenta. Efectivamente, si la imantación de trabajo disminuye significativamente cuando la temperatura aumenta, para seguir suministrando el par mínimo para la rotación de una media vuelta del rotor, el generador de energía debe suministrar mucha más energía para conservar el nivel de imantación del estator y, por tanto, el par motor que se aplica al rotor. Así, en el caso de utilización del reloj en atmósfera caliente, el consumo aumentará sensiblemente.

20

[0116] Para controlar el consumo eléctrico cuando la temperatura ambiente aumenta, es necesario que la imantación de saturación J_s se mantenga estable en el rango de funcionamiento potencial del reloj, es decir, de -40 °C a +60 °C: una tal característica se obtiene sistemáticamente cuando el punto de Curie de la aleación T_c es superior o igual a 100 °C.

25

[0117] Se busca asimismo un buen comportamiento a la corrosión. Efectivamente, las piezas magnéticas del estator, una vez cortadas y pasadas por el tratamiento térmico de optimización de los rendimientos magnéticos, se almacenan, se transportan y se montan al aire libre en los movimientos de los relojes. Estos montajes se hacen cada vez más masivamente en países donde reina una gran corrosión atmosférica, en concreto de origen salino o debida a la contaminación atmosférica (azufre, cloro...).

30

[0118] En función de la calidad y de la duración de vida buscada para el reloj, la exigencia de resistencia a la corrosión ácida será más o menos elevada. Efectivamente, la duración de vida del reloj no supera el tiempo de degradación sensible de la aleación del estator por corrosión atmosférica. Si se trata de motor de reloj de calidad que entre en las zonas de fabricación de renombre como «Swiss-made» o «Japan-made», el reloj está hecho para durar unos años y la aleación para reloj no debe corroerse significativamente en ese lapso de tiempo. Si se trata de un motor de reloj de alta gama o de reloj transparente en concreto con piezas del motor visibles, este debe funcionar, en principio, sin problema durante la vida de una persona.

35

[0119] Los diferentes niveles de comportamiento a la corrosión pueden evaluarse entonces según:

45

- movimiento de reloj de gama baja: comportamiento a la corrosión mínimo con $I_{\text{max}}^{\text{ox}} \leq 5\text{mA}$;
- movimiento de reloj de calidad tipo «Swiss-made» o «Japan-made»: comportamiento a la corrosión intermedio con $I_{\text{max}}^{\text{ox}} \leq 3\text{mA}$;
- movimiento de reloj visible en funcionamiento (reloj transparente) o con garantía de por vida: comportamiento a la corrosión de alto rendimiento con $I_{\text{max}}^{\text{ox}} \leq 1\text{mA}$;

50

Inductancias o transformadores para la electrónica de potencia

[0120] Según otra realización preferida, la aleación puede ser además tal que:

55

$$\text{Cu} \leq 10 \%$$

$$0,02 \leq \text{Mn}$$

$$C \leq 0,1$$

$$Eq2 \geq 1,5 \%$$

5

$$Eq3 \geq 189$$

$$Eq4 \leq 4 \text{ si Ni} \leq 32,5, \text{ o } Eq4 \leq 7 \text{ si Ni} > 32,5$$

10

$$Eq5 \leq 4 \text{ si Ni} \leq 32,5, \text{ o } Eq5 \leq 7 \text{ si Ni} > 32,5$$

$$Eq6 \geq 173$$

$$Eq7 \geq 185$$

15 **[0121]** Esta composición está más particularmente adaptada a la fabricación de inductancias o de transformadores para la electrónica de potencia.

[0122] Los circuitos magnéticos de los componentes magnéticos pasivos utilizados en electrónica de potencia o en cualquier otro sistema de conversión de energía en media frecuencia (algunas centenas de Hz a algunas centenas de kHz) que necesitan la utilización de inductancia de alisado o transformadores que constituyen a menudo partes voluminosas de las alimentaciones de potencia.

[0123] En el dimensionamiento de estos componentes, son a la vez la imantación de saturación del núcleo magnético, pero también las pérdidas julio-conductor y las pérdidas magnéticas generadas y evacuadas por el conjunto del componente las que fijan el potencial accesible de reducción del volumen relacionado con el material magnético blando utilizado.

[0124] De esto se deriva que un buen núcleo magnético de componente magnético pasivo tipo inductancia de almacenamiento o alisado, o transformador de potencia debe en primer lugar tener una inducción de saturación elevada con las temperaturas de utilización, que se sitúan típicamente alrededor de 100-120 °C. Se busca así una inducción de saturación $B_s^{100^\circ C}$ superior o igual a 4000 G, lo que corresponde a una inducción de saturación a 20 °C, $B_s^{20^\circ C}$ que sea superior a 8000 G o incluso a un punto de Curie T_c superior o igual a 150 °C.

[0125] Debe presentar asimismo pérdidas magnéticas reducidas en las temperaturas de utilización, lo que corresponde, para espesores de metal de 50 μm como máximo, a una resistividad eléctrica a 100 °C superior a 60 $\mu\Omega.cm$, y preferentemente superior a 100 $\mu\Omega.cm$ y a una reducida histéresis dinámica caracterizada por un campo coercitivo H_c a 100 °C inferior a 75 mOe y preferentemente inferior a 37,5 mOe. Solo se impone por tanto que el campo coercitivo H_c a 20 °C sea inferior o igual a 75 mOe, y preferentemente inferior a 37,5 mOe. En efecto el hombre en la materia sabe que H_c decrece con la temperatura en los materiales magnéticos blandos, cuando la temperatura se acerca al punto de Curie, y así se obtendrá *a fortiori* rendimientos a 100 °C si se han conseguido a 20 °C.

[0126] Además, las pérdidas residuales de las aleaciones según la invención podrán compensarse por una mejor aptitud para extraer estas pérdidas gracias a la conducción térmica elevada de las aleaciones metálicas y a la gran aptitud para el conformado y la utilización de estas culatas magnéticas muy dúctiles y que permiten instalar fácilmente circuitos de refrigeraciones o dar una forma compleja al circuito magnético.

Láminas bimetálicas

50 **[0127]** Según otra realización preferida, la aleación puede ser además tal que:

$$Ni \geq 30 \%$$

55

$$0,02 \leq Mn$$

$$C \leq 1 \%$$

$$Eq2 \geq 1,5$$

$$\text{Eq3} \geq 189$$

$$\text{Eq4} \leq 4 \text{ si Ni} \leq 32,5, \text{ o Eq4} \leq 7 \text{ si Ni} > 32,5$$

$$5 \quad \text{Eq5} \leq 4 \text{ si Ni} \leq 32,5, \text{ o Eq5} \leq 7 \text{ si Ni} > 32,5$$

$$\text{Eq6} \geq 173$$

$$\text{Eq7} \geq 185$$

$$10 \quad \text{Eq8} \geq 33 \text{ con Eq8} = \text{Ni} + \text{Cu} - 1,5\text{Cr}$$

[0128] Esta composición está más particularmente adaptada a la fabricación de láminas bimetal.

15 [0129] En esta aplicación, una variación de temperatura puede transformarse bien en deformación de la lámina bimetal, bien en elevación del extremo de la lámina bimetal, el otro extremo manteniéndose en posición, es decir, por fuerza ejercida por el extremo libre de la lámina bimetal, gracias a la unión estrecha de dos materiales en forma de banda estrecha y plana, de dilatabilidades diferentes.

20 [0130] Las piezas de lámina bimetal pueden servir tanto como sensor de sobreintensidad a través de la resistividad eléctrica del material multicapa y de su deflexión, como sensor de temperatura a través de la deflexión de la lámina bimetal que corta entonces un circuito eléctrico o incluso como actuador termomecánico a través de la fuerza engendrada por la dilatación no equilibrada de los diferentes constituyentes de la lámina bimetal. En todos los casos, la acción de la lámina bimetal pasa por su deflexión cuya amplitud es proporcional a la diferencia de dilatación entre los dos constituyentes externos de la lámina bimetal. La sensibilidad del actuador de la lámina
25 bimetal será todavía más grande cuanto más grande sea el intervalo de dilatabilidad para espesores de banda dados y un intervalo dado de temperatura.

[0131] Se busca por tanto un material que presente un coeficiente de dilatación medio entre 20 °C y 100 °C
30 α_{20-100} que sea inferior o igual a $7 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ y preferentemente inferior o igual a $5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ y simultáneamente un coeficiente de dilatación medio α_{20-300} que sea inferior o igual a $10 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ y preferentemente inferior o igual a $8 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, para permitir una utilización sobre un amplio rango de temperatura.

[0132] Otra magnitud importante cuando la fuente de calor proviene de la corriente eléctrica que atraviesa la
35 lámina bimetal es la resistividad eléctrica ρ_{el} . Así, una lámina bimetal con una fuerte resistividad eléctrica media calentará mucho más y alcanzará una temperatura más elevada que una lámina bimetal con reducida resistividad eléctrica. Resultará bien una amplitud de flecha o deflexión de la lámina bimetal en la misma proporción, o una fuerza de la lámina bimetal-actuador en las mismas proporciones. Además, la resistividad eléctrica es inversamente proporcional a la conductividad térmica que garantiza por su parte la uniformización de la temperatura y garantiza
40 por tanto la dinámica de la respuesta-lámina bimetal.

[0133] Se buscan por tanto los materiales que presenten una resistividad eléctrica a 20 °C - ρ_{el} - superior a 75 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$, preferentemente superior a 80 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$.

45 [0134] Además, la incorporación de una tercera capa metálica como el cobre o el níquel entre las capas de reducida y alta dilatabilidad permite regular diferentes compromisos de resistividad/conductividad sin cambiar las dilatabilidades.

[0135] Además, es necesario tener un material que presente un punto de Curie T_c superior o igual a 160 °C,
50 y preferentemente superior a 200 °C para conservar una buena estabilidad en temperatura de las propiedades de dilatación.

[0136] Para obtener este punto de Curie elevado, esta reducida dilatabilidad, y esta fuerte resistividad eléctrica, es necesario que las aleaciones según la invención presenten más del 30 % de níquel y respeten la
55 ecuación 8 definida por:

$$\text{Eq8} = \% \text{Ni} + \% \text{Cu} - 1,5 \% \text{Cr} \geq 33$$

Núcleos de bobinas de motores de relojería o de relés electromagnéticos de alta sensibilidad

[0137] Según otra realización preferida, la aleación puede ser además tal que:

$$0,05 \% \leq \text{Mn} \leq 2 \%$$

5

$$\text{C} \leq 0,1$$

$$\text{Eq2} \geq 2$$

10

$$\text{Eq3} \geq 195$$

$$\text{Eq4} \leq 2 \text{ si Ni} \leq 32,5, \text{ o Eq4} \leq 6 \text{ si Ni} > 32,5$$

$$\text{Eq5} \leq 2 \text{ si Ni} \leq 32,5, \text{ o Eq5} \leq 6 \text{ si Ni} > 32,5$$

15

$$\text{Eq6} \geq 180$$

$$\text{Eq7} \geq 190$$

20 [0138] Esta composición está más particularmente adaptada a la fabricación de núcleos de bobinas de motores de relojería o de relés electromagnéticos de alta sensibilidad.

[0139] Preferentemente, se busca una aptitud para obtener buenos rendimientos magnéticos en cualquier tipo de atmósfera industrial no oxidante como el gas neutro, He, H₂, N₂, NH₃ etc. lo que obliga por tanto a reducir el máximo posible el contenido de titanio, preferentemente < 30 ppmTi, preferentemente < 20 ppmTi.

[0140] En un objetivo general de reducido consumo eléctrico del reloj, el campo magnético destinado a imantar el circuito magnético del reloj debe producirse con el mínimo de corriente eléctrica, es decir, con el máximo de espiras de la bobina de excitación, lo que lleva a utilizar un alambre muy fino y un núcleo magnético de alto flujo magnético para reducir la sección del núcleo y colocar una bobina tan grande como sea posible.

[0141] La aleación magnética del núcleo debe ofrecer necesariamente, por tanto, una alta saturación magnética porque el flujo magnético es el producto de la imantación por la sección del material. Se buscan, por tanto, aleaciones con una inducción de saturación Bs a 20 °C que sea superior a 10 000 G.

35

[0142] La aleación debe ofrecer también un reducido campo coercitivo Hc así como una resistividad eléctrica elevada para reducir las pérdidas magnéticas, y así limitar el consumo eléctrico del reloj. Se buscan, por tanto, aleaciones que presenten un campo coercitivo Hc a 20 °C que sea inferior a 125 mOe y preferentemente inferior a 75 mOe y una resistividad eléctrica ρ_{el} que sea superior a 60 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ y preferentemente superior a 80 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$.

40

[0143] Además, las aleaciones según la invención destinadas a esta aplicación presentan preferentemente una buena cortabilidad y pueden, por tanto, incorporar a título opcional de 8 a 40 ppm de S, Se, Sb y/o de 2 a 20 ppm y/o de 10 a 150 ppm de Ca, Mg.

45 [0144] Las aleaciones según la invención permiten alcanzar la totalidad de estas propiedades.

[0145] En una realización preferida, las aleaciones según la invención presentan una inducción de saturación Bs superior a 13 000 G y su composición debe respetar entonces la ecuación 9:

50

$$\text{Eq9} \geq 13000 \text{ con Eq9} = 1100(\text{Ni} + \text{Co}/3 + \text{Cu}/3) - 1200\text{Cr} - 26000$$

[0146] Las composiciones adaptadas a la fabricación de núcleos de bobinas de motores de relojería están asimismo adaptadas a la fabricación de relés electromagnéticos de alta sensibilidad.

55 [0147] Un relé electromagnético es un actuador mecánico por control eléctrico, donde una culata magnética generalmente maciza por razones de facilidad y débil coste de producción/conformado, se vuelve a cerrar por una pieza de material que vuelca sobre una extremidad de pata de culata. La posición de volcado entre «abierta» y «cerrada» resulta del equilibrio entre una fuerza mecánica de retorno de un resorte (colocado en el exterior de la culata y que tiende a abrir el circuito magnético haciendo pivotar el álabe móvil alrededor de la pata de culata) y una

fuerza electromagnética constituida con el reposo de la única fuerza de atracción magnética de la culata imantada por un imán en el álabo. En reposo, el álabo cierra la culata.

5 **[0148]** Un bobinado rodea una pata de la culata de tal forma que si una corriente eléctrica que provenga de un evento exterior y que deba convertirse en señal mecánica lo recorre, se añade una fuerza magnética de repulsión del álabo respecto de la culata, que hace disminuir la amplitud de la fuerza de atracción magnética. Así, siguiendo la amplitud de la corriente eléctrica en el bobinado, la fuerza de repulsión puede alcanzar un nivel suficiente para que la acción del resorte prevalezca abriendo el relé y accionando un sistema mecánico. Según este principio funcionan concretamente los disyuntores eléctricos.

10

[0149] Para que este tipo de relé funcione con una alta sensibilidad es necesario que una débil variación de corriente I en la bobina provoque una fuerte variación de la fuerza de repulsión y es necesario, además, que este comportamiento sea proporcional en un rango suficientemente extendido de la corriente para permitir un preajuste adecuado del relé. Esto significa definir una necesidad de permeabilidad elevada en un rango de inducción B-H bastante lineal, centrada en el punto de funcionamiento en reposo del relé, que corresponde a la imantación del relé polarizado por el imán y para una frecuencia de sollicitación dada.

15

[0150] Cuanto más elevada sea la inducción de saturación Bs del material, más elevada será la variación de inducción en la culata bajo el efecto de la corriente I y mayor será la sensibilidad del relé y su potencia elevada a permeabilidad dinámica dada. Se necesita asimismo una inducción de saturación Bs a 20 °C superior a 10 000 G y preferentemente superior a 13 000 G, así como una buena dinámica de imantación obtenida por una resistividad eléctrica elevada, ρ_{el} superior a 60 $\mu\Omega.cm$ y preferentemente superior a 70 $\mu\Omega.cm$ y un reducido campo coercitivo Hc (a 20 °C) inferior a 125 mOe y preferentemente inferior a 75 mOe.

20

25 **[0151]** Además, se demanda un mínimo comportamiento a la corrosión porque los relés a menudo están protegidos por cajas no herméticas, que dejan pasar la atmósfera ambiental potencialmente caliente, húmeda, oxidante (Cl, S...) mientras que el estado no oxidado del metal durante su funcionamiento durante años es importante para garantizar la reproductibilidad de las condiciones de activación por la no deriva de sus rendimientos magnéticos. Es necesario que I^{ox}_{max} se mantenga inferior a 5mA y preferentemente inferior a 3mA, incluso inferior a 1

30

Dispositivos de medición de temperatura y de marcado de superación de temperatura, sin contacto

35 **[0152]** Según otra realización preferida, la aleación puede ser además tal que:

35

$$Cu \leq 10 \%$$

$$0,02 \leq Mn$$

40

$$C \leq 1 \%$$

$$Eq2 \geq 0,4$$

45

$$Eq3 \geq 140$$

$$Eq4 \leq 10$$

$$Eq5 \leq 13,6$$

50

$$Eq6 \geq 140$$

$$Eq7 \geq 125$$

55 **[0153]** Esta composición está más particularmente adaptada a la fabricación de dispositivos de medición de temperatura o de marcado de superación de temperatura, sin contacto.

[0154] Las piezas magnéticas de etiquetas de medición de temperatura sin contacto (medición en tiempo real, que utilizan un fenómeno magnético reversible) o de medición de superación de temperatura sin contacto (medición a posteriori, utilizando un fenómeno irreversible, pero que permita un reinicio de la etiqueta al final del

proceso de vigilancia) utilizan al mismo tiempo materiales muy diferentes, como materiales magnéticamente blandos («la aleación») y materiales magnéticos con imantación permanente (MAP por su sigla en francés) en una configuración estabilizada de temperatura y de campos magnéticos cercanos. Esta vigilancia de temperatura, por el mismo principio de la etiqueta, se realiza en el rango de temperatura inmediatamente inferior y alrededor del punto de Curie de la aleación magnética blanda.

[0155] En esta aplicación, se puede utilizar por ejemplo una placa de MAP de sección S1 solidarizada con una placa de material de muy elevada permeabilidad de sección S₂, como una aleación FeNi fina o una aleación amorfa, dejando un entrehierro débil d entre los dos materiales. El material MAP tiene la función de polarizador magnético del material magnéticamente blando adyacente. Además, ya sea sobre la otra cara del MAP o bien entre el MAP y el material de alta permeabilidad, pero separado del material de este por el entrehierro d, se coloca una tercera placa constituida por una aleación según la invención que presenta un punto de Curie T_c.

[0156] Cuando la temperatura ambiente se acerca al punto de Curie T_c de la aleación según la invención, este está menos imantado y el flujo magnético del MAP se cierra para una parte más importante en el material de alta permeabilidad que se encuentra polarizado a un nivel de imantación creciente y dependiente del cociente T/T_c.

[0157] Entonces excitando el material de alta permeabilidad con un campo de media frecuencia a partir de una antena distante, se produce una variación de imantación ΔJ alrededor de la imantación de polarización J₁ y el material va a emitir armónicos de forma importante, porque se ha optimizado previamente J₁ en este sentido, mediante la elección de S₁, S₂ y d.

[0158] El punto de Curie funcional buscado se sitúa entre -50 °C y 400 °C, y en particular entre -30 °C y +100 °C para numerosas aplicaciones de vigilancia de temperatura de los productos comestibles como la cadena de frío, las temperaturas de las bodegas de vino, los almacenamientos y transportes refrigerados o no de productos comestibles perecederos, los contenedores de pescado y carne, los productos sanguíneos y derivados, los stocks y envíos de sustancias orgánicas no comestibles termoperecederas como las plantas, flores, extracciones humanas para implantes u otros, cultivos de células y gérmenes o bacterias, lotes de polímeros, macromoléculas, etc. Este punto de Curie está limitado a 400 °C como máximo y está comprendido preferentemente entre -30 °C y 100 °C.

[0159] Se busca un campo coercitivo suficientemente reducido (< 75 mOe, y preferentemente < 32,5 mOe) para obtener, por una parte, una alta sensibilidad del sensor al campo de excitación de frecuencia media, y por otra parte, una gran dinámica del sensor por asociación con una resistividad eléctrica elevada (> 60 μΩ.cm, y preferentemente > 80 μΩ.cm) y preferentemente un débil espesor de material. Esta restricción de débiles campos coercitivos obliga a limitar el porcentaje de cobre al 10 % como máximo y preferentemente a menos del 6 % en asociación con un contenido máximo de níquel del 34 %.

[0160] Se busca también un comportamiento mínimo a la corrosión y a la oxidación porque las aleaciones están a menudo en contacto con diferentes medios y/o constituyentes de atmósferas industriales. En estas aplicaciones, a menudo se pide una buena estabilidad química de la aleación que se traduce por un buen comportamiento a la corrosión acuosa (I_{ox}<5mA), un buen comportamiento a la corrosión por niebla salina y una buena estabilidad mecánica (adhesión + comportamiento al desgaste) de la capa oxidada de superficie en atmósfera caliente y oxidante.

[0161] Las aleaciones según la invención permiten alcanzar la totalidad de estas propiedades.

Sustratos hipertexturados para epitaxia

[0162] Según otra realización preferida, la aleación puede ser además tal que:

$$\text{Mn} \leq 2 \%$$

$$\text{Si} \leq 1 \%$$

$$\text{Cu} \leq 10 \%$$

$$\text{Cr} + \text{Mo} \leq 18 \%$$

$$\text{C} \leq 0,1$$

$$\text{Ti} + \text{Al} \leq 0,5 \%$$

la aleación que satisface además al menos una de las relaciones siguientes:

5

$$0,0003 \leq \text{B} \leq 0,004 \%$$

$$0,0003 \leq \text{S} + \text{Se} + \text{Sb} \leq 0,008 \%$$

- 10 **[0163]** Se prefiere, además, añadir del 0,003 al 0,5 % de niobio y/o de circonio.
- [0164]** Estas composiciones están más particularmente adaptadas a la fabricación de sustratos hipertexturados para epitaxia.
- 15 **[0165]** Efectivamente, numerosas aplicaciones necesitan hacer crecer capas finas de materiales policristalinos lo más texturizados posible, es decir con una textura si es posible monocomponente lo más aguda posible.
- [0166]** Se entiende por textura monocomponente una distribución no aleatoria de las orientaciones cristalográficas del policristal, de forma que están todas situadas en un ángulo sólido (de semiángulo en la cúspide ω) que circunda la orientación ideal buscada, anotada $[hkl](uvw)$ en índice de Miller. ω se llama desorientación media de textura y puede tener diferentes valores según se mida en el plano de laminado o fuera del plano.
- [0167]** Estos materiales depositados tienen propiedades físicas particulares, tales como, por ejemplo, la
25 supraconductividad de los óxidos de tipo Y-Ba-Cu-O.
- [0168]** Estas propiedades mejoran mucho gracias a reducidas densidades de defectos en las juntas de grano, que pasan por reducidas desorientaciones entre cristales adyacentes (función de una textura aguda) y por un tamaño de grano del orden de unas decenas de micrones para reducir la densidad volumétrica de defectos con
30 desorientación de textura idéntica.
- [0169]** Para obtener estos depósitos policristalinos muy texturizados, uno de los métodos más utilizados es la técnica de epitaxia a partir de una fase de vapor o líquido, sobre un sustrato a su vez hipertexturizados con un parámetro de malla bastante cercano al del producto depositado, una textura tan monocomponente y aguda como
35 sea posible, una buena resistencia a la oxidación durante los recocidos oxidantes eventuales necesitadas por la formación de los óxidos depositados, un comportamiento mecánico mínimo para no fluir durante los recocidos y resistir a la aplicación del producto final (bobinado, enrollado, puesta en tensión, etc.).
- [0170]** Las propiedades de uso específicas requeridas para los sustratos hipertexturados por tanto son esencialmente la presencia de una fracción superficial de macla y otras orientaciones centradas a menos de 15 ° de desorientación de la orientación ideal cúbica $[100](001)$, preferentemente a menos del 10 %, y preferentemente a menos del 5 % así como una desorientación ω del componente principal de textura cúbica $\{100\}\langle 001 \rangle$: inferior a 10 ° y preferentemente inferior a 7 °.
- 45 **[0171]** Se busca asimismo una dilatabilidad media entre 20 °C y 100 °C y una dilatabilidad media entre 20 °C y 300 °C variables según las aplicaciones finales. Así se puede tener la necesidad, cuando se realiza un depósito en caliente sobre un sustrato, de poner en compresión la capa depositada cuando el producto es revenido a temperatura ambiente. Por tanto, hay que poder elegir una dilatación regulada entre 20 °C y la temperatura de depósito a un nivel muy variable según la dilatación/contracción del material depositado.
50
- [0172]** Por último, el punto de Curie no está limitado para esta propiedad y en ciertas aplicaciones supraconductoras incluso se prefiere de lejos que el sustrato sea lo menos magnético posible a la temperatura de utilización es decir 77 K.

55 **EJEMPLOS**

[0173] En el marco de la presente invención, se han utilizado las siguientes abreviaturas:

- Inv.: ensayo conforme a la invención;

- Comp.: ensayo comparativo;
- NR: ensayo no realizado;
- CBS: sensibilidad a la corrosión en niebla salina;
- UM: comportamiento al desgaste mecánico de la capa oxidada de la superficie de las aleaciones en atmósfera industrial oxidante;
- Bs^{20°C}: inducción de saturación, medida a 20 °C y expresada en Gauss;
- Bs^{60°C} (G): inducción de saturación, medida a 60 °C y expresada en Gauss;
- Tc: punto de Curie del material, expresado en °C;
- Hc: campo coercitivo a 20 °C, medido en mOe;
- 10 ■ I^{ox}: corriente máxima con potencial impuesto, medida en Ma;
- Br/Bm: relación de la inducción remanente Br en la inducción medida en zona de acercamiento a la saturación Bm;
- α₂₀₋₁₀₀: coeficiente medio de dilatación (llamado también «dilatabilidad») del material, medido entre 20 y 100 °C y expresado en 10⁻⁶/°C y α₂₀₋₃₀₀: coeficiente medio de dilatación del material, medido entre 20 y 300 °C y expresado en 10⁻⁶/°C y α_{20-77K}: coeficiente medio de dilatación del material, medido entre 77K y 20 °C expresado en 10⁻⁶/°C;
- 15 ■ ρ_{el} o ρ-elec: resistividad eléctrica a 20 °C, medida en μΩ.cm;
- μ_{max}^{CC}: permeabilidad relativa máxima en corriente continua, medida por comparación con la permeabilidad del vacío μ₀ (= 4π.10⁻⁷) y, por tanto, sin dimensión y unidad;
- ω: desorientación media de textura, medida en ° (grado).

20 PRUEBAS Y MEDICIONES

[0174] Para probar las aleaciones según la invención, se han elaborado diferentes composiciones de aleaciones por fusión por inducción en vacío, en forma de lingotes de 50 kg con la composición deseada. El material se ha forjado a continuación entre 1000 y 1200 °C, laminado en caliente entre 1150 y 800 °C hasta un espesor de 25 4,5 mm, decapado por vía química, laminado en frío sin recocido intermedio hasta 0,6 mm. Todas las aleaciones están al menos caracterizadas en este estado tras corte en diferentes muestras como las utilizadas para mediciones de dilatabilidad, de Tc, de I^{ox}_{max}, de Js y arandelas con un diámetro de 25 x 36 mm.

[0175] Entonces se han realizado diferentes pruebas:

30

Resistencia a la corrosión en niebla salina, CBS

[0176] Para medir CBS, se sumerge una chapa de aleación en una cámara climática de niebla salina hecha con una atmósfera al 95 % de humedad, saturada en sal NaCl, durante 24 h. A continuación, se enjuagan las chapas con alcohol luego se observan las picaduras por corrosión. La densidad y la importancia de las picaduras se anotan con 3 niveles de sensibilidad:

- 0: no sensible;
- : un poco sensible;
- 40 --: sensible y
- : muy sensible a la corrosión en niebla salina.

Desgaste mecánico de la capa de óxido de la superficie, UM

[0177] Para medir UM, se procede, en primer lugar, a un recocido del metal endurecido con un espesor de 0,6 mm, a una temperatura de 1100 °C, durante 3 h en hidrógeno puro y vapor de agua tal que el punto de rocío sea de -30 °C (simulación de un recocido industrial). Después se apilan dos chapas así recocidas bajo una masa uniformemente repartida con una presión equivalente a 1 kg para 10 cm². Se realizan a continuación 100 deslizamientos ida/vuelta hasta la mitad de la longitud de una chapa respecto de la otra y después se observa el 50 desgaste de las superficies anotado con 3 niveles de comportamiento al desgaste tras examen de la superficie del metal:

- 0: comportamiento reducido al desgaste;
- +: comportamiento medio al desgaste mecánico y
- 55 - ++: muy buen comportamiento al desgaste mecánico.

Punto de Curie, Tc

[0178] Tc se mide por fuerza mecánica con el termomagnetómetro de Chevenard: la muestra se calienta a

100 °C/h hasta 800 °C y después se enfría a la misma velocidad hasta la temperatura ambiente. El valor de Tc retenido es el que corresponde a la explotación del termograma en calentamiento; el valor de Tc se extrapola al eje de los orígenes (desviación = 0) a partir de la tangente en el punto de inflexión de la curva de fuerza magnética: f (T^{re}).

5

Comportamiento a la corrosión acuosa ácida I^{ox}_{max}

[0179] El comportamiento a la corrosión de las aleaciones en medios atmosféricos corrosivos o en medios acuosos ácidos puede evaluarse por la medición de la corriente máxima obtenida cuando se sumerge una muestra-placa de aleación en un baño de ácido sulfúrico 0,01 M y la aleación está conectada por un conductor a otro electrodo-placa de platino, aplicando diferentes valores de tensiones. Así se miden diferentes valores de intensidad I en el conductor que conecta los dos electrodos y se determina entonces el valor máximo I^{ox}_{max} de I (U).

[0180] Con esta prueba de potencial impuesto entre placas, la evolución de la corriente en el conductor y en particular su valor máximo da una evaluación correcta de la aptitud de la aleación para constituir una capa de óxido estable en su superficie: cuanto más débil es I^{ox}_{max} más resistente es la aleación a la corrosión.

Coefficientes de dilataciones (o dilatabilidad)

[0181] Los coeficientes medios de dilatación térmica entre 20 °C y una temperatura T-anotados <α_{20→T}> o por comodidad α_{20-T} se miden en dilatómetro de Chevenard y se comparan con una muestra patrón de Pyros (FeNi de composición y dilatación precisas): se registra la variación de alargamiento Δl de una muestra de longitud inicial «l₀» en función de la temperatura T: Δl= f(T). La dilatabilidad media entre 20 °C y la temperatura T1 vienen dada por:

$$\langle \alpha_{20 \rightarrow T1} \rangle = \frac{1}{(T_1 - 20)^2} \int_0^{T_1} \frac{\Delta l(T)}{l_0} \cdot dT$$

25

expresado en 10⁻⁶/°C (millonésima de alargamiento relativo por grado).

Propiedades magnéticas H_c, B_r, μ_{max}^{CC}

30

[0182] Estas propiedades se miden por procedimiento flujométrico según la norma IEC 404-6, en las arandelas recocidas: el trazado del ciclo de histéresis permite determinar los valores de H_c, B_r, μ_{max}^{CC}.

Ejemplo 1 - Dispositivos magnéticos con autorregulación de temperatura

35

[0183] Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,6 mm para caracterizar las propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100 y 1300 °C, luego laminado en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000 y 1200 °C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es laminada en frío desde el espesor de laminado en caliente hasta el espesor de 0,6 mm, después es recocida entre 800 y 1100 °C durante 1 hora, después desengrasada, cortada en diferentes piezas o arandelas para mediciones después recocida a 1100 °C/3 h en H2 purificado (punto de rocío < -70 °C).

[0184] Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento siendo el hierro y las purezas inevitables.

45

Tabla 1 - Composición de los tipos de ensayos

	Tipo	%Ni	%Cr	%Cu	%Mn	%Si
Inv.	SV285mod-1	32,45	0,04	0,53	0,3	0,18
Inv.	SV285mod-6	32,45	0,04	6	0,3	0,23
Inv.	SV287-1	31,8	0,04	0,5	0,3	0,34
Inv.	SV287-5	30,7	0,04	3,7	0,3	0,26
Inv.	SV302mod-1	30	0,05	7	0,2	0,34
Inv.	SV302mod-2	29,4	0,05	7	2	0,23

Inv.	SV302mod-3	28,8	0,05	7	4	0,31
Inv.	SV298-1	29,44	0,98	0,5	0,2	0,18
Inv.	SV298-4	28,9	0,97	3	0,2	0,23
Inv.	SV315-3	32,5	1,97	2	0,2	0,21
Inv.	SV317-1	35	2	0,5	0,2	0,31
Inv.	SV323-6	33	1,9	0,6	3,8	0,18
Inv.	SV300-2	27,9	4	1	0,2	0,31
Comp.	A	28,9	0,03	0,15	0,2	0,31
Comp.	SV297-1	26,9	1,9	1	0,2	0,34
Comp.	SV300-1	28	4	0,5	0,2	0,23
Comp.	SV305-1	28	6	0,5	0,2	0,18
Comp.	Fe-30Ni	30	0	0	0	0
Comp.	B	27	0,03	0,14	0,2	0,23
Comp.	C	28	0,03	0,12	0,2	0,21
Comp.	D	26,5	6	0,15	0,2	0,18
Comp.	E	26,33	4	0,12	0,2	0,17

[0185] Se realizan una serie de pruebas para determinar los valores de resistencia a la corrosión en niebla salina, de resistencia al desgaste mecánico, de inducción de saturación, de punto de Curie, de resistencia a la corrosión ácida y de dilatabilidad entre 20 y 100 °C.

5

[0186] Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 2.

[0187] Se observa que una parte de las aleaciones según la invención contiene menos del 30 %Ni y puede acercarse mucho al punto de Curie del Invar® (Fe-36 %Ni: Tc=250 °C) como por ejemplo SV302mod1 (Tc = 199 °C).

10 Se reduce, por tanto, sensiblemente el coste de la aleación sustituyendo una parte del níquel por cobre, además se mejora sensiblemente el comportamiento a la corrosión acuosa, salina y a la oxidación por las adiciones conjuntas de Cu, Si, Cr.

[0188] Comparativamente, si no se pone cobre en una aleación al 30 %Ni, se obtiene un punto de Curie tan reducido como 40 °C y un comportamiento muy malo a la corrosión ácida.

Tabla 2 - Resultados de los ensayos

	Tipo	CBS	UM	Bs ^{20°C} (G)	Tc (°C)	I ^{ox} (mA)	α ₂₀₋₁₀₀ (10 ⁻⁶ /°C.)
Inv.	SV285mod-1	-	++	9560	205	4,5	4,2
Inv.	SV285mod-6	-	++	12410	238	3,9	3,05
Inv.	SV287-1	-	++	8420	152	4,5	5,3
Inv.	SV287-5	-	++	9780	198	4,04	4,1
Inv.	SV302mod-1	-	++	9820	199	4,5	4,8
Inv.	SV302mod-2	-	++	7580	154	4,6	6,3
Inv.	SV302mod-3	-	++	5210	104	4,6	7,8
Inv.	SV298-1	-	++	5030	104	2,9	11
Inv.	SV298-4	-	++	6810	137	2,8	8,3
Inv.	SV315-3	-	++	9520	174	1,3	4,5
Inv.	SV317-1	-	++	11100	204	1,5	2,4
Inv.	SV323-6	-	++	4400	78	1,6	4,5
Inv.	SV300-2	-	++	1970	37	1,9	NR
Comp.	A	-	++	1650	25	4,5	NR
Comp.	SV297-1	-	++	1530	24	2,6	NR
Comp.	SV300-1	-	++	1570	24	1,7	NR
Comp.	SV305-1	-	++	1140	18	1,4	NR
Comp.	Fe-30Ni	--	--	120	40	7	NR
Comp.	B	-	++	0	-50	4,9	NR
Comp.	C	-	++	0	-10	4,7	NR
Comp.	D	-	++	0	-50	3,1	NR
Comp.	E	-	++	0	50	3,7	NR

[0189] (Se observa también en el ejemplo SV298-1 que se pueden obtener dilatabilidades elevadas entre 20 y 100 °C ($11 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ en el ejemplo) regulando los contenidos de Ni, Cr y Cu de forma adecuada sin exceder el 30 %Ni. La elección de la composición regula al mismo tiempo el punto de Curie.

5 Ejemplo 2 - Dispositivos con autorregulación de flujo magnético

[0190] Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,6 mm para caracterizar las propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100 y 1300 °C, luego laminado en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000 y 1200 °C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es laminada en frío desde el espesor de laminado en caliente hasta el espesor de 0,6 mm, después es recocida entre 800 y 1100 °C durante 1 hora, después desengrasada, cortada en diferentes piezas o arandelas para mediciones después recocida a 1100 °C/3 h en H2 purificado (punto de rocío < -70 °C).

[0191] Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento siendo el hierro y las purezas inevitables.

Tabla 3 - Composición de los tipos de ensayos

	Tipo	%Ni	%Cr	%Cu	%Mn	%Si
Inv.	TD521-2	28	0,02	1	0,02	0,2
Inv.	TD521-3	28	0,02	3	0,02	0,2
Inv.	TD561-1	26	2	10	0,02	0,2
Inv.	TD565-1	25	1	10	0,02	0,2
Inv.	TD558-1	28	2	3	0,02	0,2
Inv.	SV289-1	27,8	2	1	0,02	0,2
Inv.	SV297-3	26,2	1,9	4	0,02	0,2
Comp.	SV302mod-4	28,2	0,1	6	6	0,3
Comp.	SV297-1	26,9	1,9	1	0	0,2
Comp.	NMHG-1	28	0	0	0	0,2
Comp.	NMHG-2	29	0	0	0	0,2

[0192] Se realizan una serie de pruebas para determinar los valores de resistencia a la corrosión en niebla salina, de resistencia al desgaste mecánico, de inducción de saturación, de punto de Curie, de resistencia a la corrosión ácida y de dilatabilidad entre 20 y 100 °C.

[0193] Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 4.

25

[0194] Se observa que la mayoría de las aleaciones según la invención tienen puntos de Curie de 30 °C a aproximadamente 100 °C y esto para las aleaciones que contienen solamente del 25 al 28 %Ni según el comportamiento a la corrosión y/o a la oxidación deseados. El contraejemplo SV302mod-4 no puede convenir porque contiene un porcentaje de manganeso superior al 2 %, y una resistencia al desgaste de la capa oxidada degradada a pesar de la presencia del silicio.

30

[0195] Los contraejemplos SV297-1, NMHG-1 y NMHG-2 no son según la invención porque no respetan la ecuación 2. Se constata que sus temperaturas de Curie son inferiores al valor límite de 30 °C, contrariamente a los ejemplos según la invención.

35

Tabla 4 - Resultados de los ensayos

	Tipo	CBS	UM	Bs ^{20°C} (G)	Tc (°C)	I _{ox} (mA)
Inv.	TD521-2	-	++	4610	75	3,2
Inv.	TD521-3	-	++	5420	98	2,3
Inv.	TD561-1	-	++	5070	100	1,1
Inv.	TD565-1	-	++	4000	81	1,6
Inv.	TD558-1	-	++	4900	95	1,3
Inv.	SV289-1	-	++	2540	43	1,7
Inv.	SV297-3	-	++	3170	53	1,8
Comp.	SV302mod-4	-	+	3450	67	4,7

Comp.	SV297-1	-	++	1530	24	2,5
Comp.	NMHG-1	NR	NR	NR	<u>-10</u>	NR
Comp.	NMHG-2	NR	NR	NR	<u>25</u>	NR

Ejemplo 3 - Dispositivos con dilatación controlada

[0196] Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,6 mm para caracterizar las propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100 y 1300 °C, luego laminado en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000 y 1200 °C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es laminada en frío desde el espesor de laminado en caliente hasta el espesor de 0,6 mm, después es recocida entre 800 y 1100 °C durante 1 hora, después desengrasada, cortada en diferentes piezas o arandelas para mediciones después recocida a 1100 °C/3 h en H2 purificado (punto de rocío < -70 °C).

[0197] Las mediciones de dilatabilidad son realizadas sobre un «dilatómetro de Chevenard» entre -196 °C y 800 °C.

15 **[0198]** Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento siendo el hierro y las purezas inevitables.

Tabla 5 - Composición de los tipos de ensayos

	Tipo	%Ni	%Cr	%Cu	%Mn	%Si
Inv.	36	32,45	0,04	4	0,3	0,17
Comp.	Invar®	<u>36</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0,2	0,05
Inv.	SV285mod-1	32,45	0,04	0,53	0,3	0,18
Inv.	SV285mod-2	32,45	0,04	1	0,3	0,17
Inv.	SV287mod3	31,3	0,04	1,9	0,3	0,16
Inv.	SV287mod4	31	0,04	2,8	0,3	0,22
Inv.	SV287mod5	30,7	0,04	3,7	0,3	0,23
Inv.	SV287mod6	30,2	0,04	5,5	0,3	0,19
Inv.	SV315-5	31,9	1,93	4	0,2	0,18
Inv.	SV318-6	34,1	1,89	6	0,2	0,23
Comp.	N42	<u>42</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	0,2	0,07
Inv.	SV304-4	28,2	2	7	6	0,17
Inv.	TD561-3	28	2	10	0,3	0,21
Comp.	N426	<u>42</u>	6	<u>0</u>	0,25	0,22
Inv.	SV296-4	28,2	1,9	3	0,2	0,19
Inv.	TD521-4	28	0,03	6	0,2	0,2
Inv.	TD561-1	26	2	10	0,3	0,22
Comp.	N485	<u>48</u>	6	<u>0</u>	0,33	0,06
Inv.	TD558-6	31	2	3	0,24	0,15
Inv.	TD558-7	32	2	3	0,22	0,12
Inv.	TD558-8	33	2	3	0,21	0,17
Inv.	TD560-3	30	0,05	10	0,26	0,15
Inv.	TD560-6	31	1,5	3	0,22	0,16
Comp.	Invar M93	36	0	0	0,2	0,03

20 **[0199]** Se realizan una serie de pruebas para determinar los valores de resistencia a la corrosión en niebla salina, de resistencia al desgaste mecánico, de punto de Curie, de resistencia a la corrosión ácida y de dilatabilidad entre 20 y 100 °C y entre 20 y 300 °C.

25 **[0200]** Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 6.

[0201] Los dos primeros ensayos corresponden a dilataciones muy reducidas. Los nueve siguientes tienen dilatabilidades cercanas a los semiconductores tales como Si, Ge, AsGa o SiC. Los siete siguientes tienen dilataciones cercanas a las de los vidrios. Los seis siguientes son compatibles con el uso como depósito estanco para el transporte de gas licuado a 77K en tanques de metanero.

Tabla 6 - Resultados de los ensayos

	Tipos	CBS	UM	α_{20-100} ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	α_{20-300} ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	$\alpha_{20-77\text{K}}$ ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	$I_{\text{ox max}}$ (mA)
Inv.	36	-	++	2,7	NR	NR	3,9
Comp.	Invar®	--	0	1,5	3	NR	6,2
Inv.	SV285mod-1	-	++	4,2	10	NR	4,5
Inv.	SV285mod-2	-	++	3,9	9,6	NR	4,4
Inv.	SV287mod3	-	++	4,5	10	NR	4,17
Inv.	SV287mod4	-	++	4,03	9,6	NR	4,4
Inv.	SV287mod5	-	++	4,1	9,4	NR	4,04
Inv.	SV287mod6	-	++	4,19	9,1	NR	3,95
Inv.	SV315-5	-	++	4,6	9,3	NR	1,1
Inv.	SV318-6	0	++	4,4	6	NR	1,2
Comp.	N42	--	0	4	4,3	NR	5,7
Inv.	SV304-4	-	++	7,1	11,9	NR	1,02
Inv.	TD561-3	-	++	6,7	11,6	NR	0,9
Comp.	N426	0	+	8,3	NR	NR	NR
Inv.	SV296-4	-	++	8,5	13,4	NR	4,2
Inv.	TD521-4	-	++	9,6	11,9	NR	2,1
Inv.	TD561-1	-	++	9,5	14,1	NR	0,7
Comp.	N485	0	+	9,2	9,3	NR	NR
Inv.	TD558-6	-	++	5,79	11,19	3,5	1,9
Inv.	TD558-7	-	++	4,58	9,75	3,05	1,7
Inv.	TD558-8	-	++	3,78	8,42	3	1,6
Inv.	TD560-3	-	++	3,99	7,94	3,68	3,3
Inv.	TD563-6	-	++	5,09	10,8	3,23	2,6
Comp.	Invar M93	-	+	<2	NR	<2	NR

[0202] En el ejemplo 36, comparativamente con Invar®, parece ser que sustituir el 3,5 %Ni por un 4 %Cu y 5 contenidos reducidos de Si y Cr permite conservar una dilatabilidad inferior a $3 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ entre 20 y 100 °C, lo que es suficiente para muchas aplicaciones que necesitan limitar a la vez el coste y la dilatación hacia el ambiente como las máscaras de sombra de las pantallas de los tubos catódicos de alta definición, los soporte de actuador de inyector de automóvil de carburante piezoeléctrico, los moldes masivos de piezas aeronáuticas de fibra de carbono y otros, y que también necesiten que el material se oxide poco en recocado industrial en atmósfera muy reducidamente reductora, incluso en atmósfera oxidante, y permite evitar utilizar una atmósfera de gas protector, simplificando así el uso industrial.

[0203] En el ejemplo SV318-6, comparativamente con el N42, parece ser que sustituir el 8 %Ni por un 6 %Cu y un 2% Cr y un reducido contenido de Si permite conservar una dilatabilidad inferior o igual a $6 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ entre 20 y 300°C, e incluso una dilatabilidad equivalente entre 20 et 100 °C lo que es suficiente para la mayor parte de las aplicaciones que necesitan limitar a la vez el coste y la dilatación en contacto con los materiales semiconductores en un rango restringido de temperatura de 100 a 300 °C por encima de la ambiente como los soportes de circuitos integrados.

[0204] En los ejemplos SV304-4 o TD561-3 de esta tabla, comparativamente con el N426 utilizado por su compatibilidad en dilatación con los vidrios de tipo vidrios sódicos de Pb, parece ser que sustituir el 14 %Ni por un 7 a 10 %Cu y contenidos reducidos de Si y Cr permite conservar una dilatabilidad del orden de $7 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ entre 20 y 100°C y de $11,5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ entre 20 y 300 °C, lo que es suficiente para muchas aplicaciones que necesitan limitar a la vez el coste y la dilatación en contacto con ciertos vidrios, aluminio, óxido de Berilio, ciertos semiconductores como el AsGa, etc. en un rango restringido de temperatura de 100 a 300 °C por encima de la ambiente.

[0205] En el ejemplo TD521-4 de esta tabla, comparativamente con el N485, parece ser que sustituir el 20 %Ni por un 6 %Cu y menos del 2 %Cr y un reducido contenido de Si permite conservar una dilatabilidad del orden de $9,5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ entre 20 y 100 °C y de $11,9 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ entre 20 y 300 °C, lo que es suficiente para muchas aplicaciones que necesitan limitar a la vez el coste y la dilatación en contacto con estos vidrios muy dilatables, de ZrO₂, de forsterita, etc. en un rango restringido de temperatura de 100 a 300 °C por encima de la ambiente.

[0206] En los metaneros, se necesita una dilatabilidad muy reducida entre -196 °C (temperatura de

licuefacción del gas) y la ambiente para que los contenedores gigantes del gas líquido resistan a las fuerzas destructivas de dilatación, en particular en las juntas triples de soldadura de los contenedores. En los últimos ejemplos de la tabla parece que sustituir del 3 al 6 %Ni por un 3 a un 10 %Cu y contenidos reducidos de Si y Cr permite conservar una dilatabilidad del orden 3 a $3,5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ entre -196°C y 20°C , lo que es suficiente para esta aplicación que necesita limitar a la vez el coste y la dilatación de la superestructura entre el gas licuado a -196°C por una cara, y la temperatura ambiente por la otra cara.

Ejemplo 4 - Sensores de corriente y transformadores de medición

10 **[0207]** Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,6 mm para caracterizar las propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100°C y 1300°C , luego laminado en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000°C y 1200°C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es laminada en frío sin recocido intermedio desde el espesor de laminado en caliente hasta el espesor de 0,6 mm, 15 después cortada en diferentes piezas o arandelas para mediciones (ver previamente los diferentes tipos de caracterización utilizados) antes del desengrasado y después recocido a 1100°C durante 3 horas en H_2 purificado (punto de rocío $< -70^{\circ}\text{C}$).

[0208] Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento 20 siendo el hierro y las purezas inevitables.

Tabla 7 - Composición de los tipos de ensayos

	Tipo	%Ni	%Cr	%Cu	%Mn	%Si
Inv.	TC768/SP302+	30	2	3	0,3	0,16
Inv.	SV304-2	29,4	2	7	2	0,19
Inv.	SV314-6	30,3	1,89	6	0,2	0,17
Inv.	SV318-6	34,1	1,89	6	0,2	0,16
Inv.	SV290-4	28,2	2	3	0,3	0,16
Inv.	SV296-2	29,2	1,9	1	0,2	0,17
Inv.	SV316-4	33,2	1,95	3	0,2	0,18
Inv.	SV317-5	33,8	1,93	4	0,2	0,17
Inv.	SV302mod-3	28,8	0,05	7	4	0,17
Inv.	SV298-3	29,1	0,97	2	0,2	0,19
Inv.	SV330-4	27,5	0,03	3	0,2	0,18
Inv.	SV330-6	27,5	0,03	7	0,2	0,17
Inv.	SV333-2	29	0,03	1	0,2	0,16
Inv.	SV333-5	29	0,03	5	0,2	0,17
Inv.	SV339-2	29	0,2	1	0,2	0,19
Inv.	SV339-5	29	0,2	5	0,2	0,17
Comp.	SV330-8	27,5	0,03	13	0,2	0,18
Comp.	SV333-8	29	0,03	13	0,2	0,18
Comp.	SV339-8	29	0,2	13	0,2	0,15

25 **[0209]** Se realizan una serie de pruebas para determinar los valores de resistencia a la corrosión en niebla salina, de resistencia al desgaste mecánico, de inducción de saturación a 20°C , de rectangularidad del ciclo de histéresis a 20°C , de campo coercitivo a 20°C , de resistividad eléctrica a 20°C y de resistencia a la corrosión ácida.

[0210] Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 8.

30

Tabla 8 - Resultados de los ensayos

	Tipo	CBS	UM	Bs ^{20°C} (G)	Br/Bm	Hc(mOe)	ρ_{elec} ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	I ^{ox} (mA)
Inv.	TC768/SP302+	-	++	7380	NR	41	88,6	1,3
Inv.	SV304-2	0	++	6310	0,32	32	85	0,9
Inv.	SV314-6	0	++	9190	0,33	34	86	1,2
Inv.	SV318-6	0	++	11960	0,34	31	82	1,2
Inv.	SV290-4	0	++	5180	0,41	25	87	4,2
Inv.	SV296-2	0	++	5560	0,47	30	87,5	4,1

Inv.	SV316-4	0	++	10620	0,34	37	87	1,3
Inv.	SV317-5	0	++	11540	0,35	34	86,5	1,1
Inv.	SV302mod-3	0	++	5210	0,32	21	75	4,6
Inv.	SV298-3	0	++	6170	0,43	32	87	2,8
Inv.	SV330-4	-	++	4430	NR	19	87	4,9
Inv.	SV330-6	-	++	6800	NR	33	88	4,7
Inv.	SV333-2	-	++	4250	NR	18	85	4,6
Inv.	SV333-5	-	++	3860	NR	43	90	4,4
Inv.	SV339-2	-	++	4300	NR	20	85	3,7
Inv.	SV339-5	-	++	8430	NR	40	90	3,4
Comp.	SV330-8	-	++	8340	NR	270	76	4,4
Comp.	SV333-8	-	++	9940	NR	330	78	4,2
Comp.	SV339-8	-	++	10070	NR	364	78	3,1

[0211] Se observa que las aleaciones que comportan más del 10 %Cu presentan campos coercitivos muy elevados de 200 a 400 mOe incompatibles con una aplicación de tipo transformador de medición.

5 **[0212]** La aleación SV330-4 es particularmente económica con sus 28 %Ni y 3 %Cu, con un Hc muy bajo de 19 mOe que permite una gran precisión del transformador de medición, en cambio su baja saturación (4430 G) la restringe a aplicaciones hacia la temperatura ambiente.

[0213] En otro ejemplo de la invención, la aleación SV330-6 es casi tan económica con el 28 %Ni y el 7 %Cu y permite una buena precisión de sensor de corriente de bucle cerrado gracias a Hc=33mOe; además su saturación más elevada (6800 G) la hace netamente más estable en temperatura y permitirá un funcionamiento del transformador de medición hasta 70 °C.

15 **[0214]** En un último ejemplo la aleación SV317-5 de saturación elevada (11540 G) y reducido campo coercitivo (34 mOe) permite la realización de sensor de corriente en bucle abierto de gran precisión, y de forma económica (34 %Ni) al tiempo que garantiza un buen comportamiento a la corrosión en numerosos medios gracias a la conjunción del 2 %Cr y el 4 %Cu asociados al silicio.

Ejemplo 5 - Sensores magnético-armónicos

20

[0215] Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,04 mm para caracterizar las propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100 y 1300 °C, luego laminado en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000 y 1200 °C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es laminada en frío desde el espesor de laminado en caliente hasta el espesor de 0,6 mm, después es recocida entre 800 y 1100 °C durante 1 hora, después laminada hasta el espesor final de 40µm luego desengrasada, cortada en diferentes piezas o núcleos enrollados para mediciones después recocida a 1100 °C durante 3 horas en H2 purificado (punto de rocío < -70 °C).

30 **[0216]** Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento siendo el hierro y las purezas inevitables.

Tabla 9 - Composición de los tipos de ensayos

	Tipo	%Ni	%Cr	%Cu	%Mn	%Si
Inv.	SV292-3	29,9	0,5	0,5	0,3	0,22
Inv.	SV323-6	33	1,9	0,6	3,8	0,23
Inv.	SV289-3	27	1,99	3,85	0,3	0,25
Inv.	SV290-3	28,4	2	2	0,3	0,23
Inv.	SV296-1	29,3	1,9	0,5	0,2	0,24
Inv.	SV306-4	28,3	3,9	3	0,2	0,25
Inv.	SV289-4	26,5	1,98	5,6	0,3	0,24
Inv.	SV304-3	28,8	2	7	4	0,24

35 **[0217]** Se realizan una serie de pruebas para determinar los valores de resistencia a la corrosión en niebla salina, de resistencia al desgaste mecánico, de inducción de saturación a 20 °C, de campo coercitivo a 20 °C, de

resistividad eléctrica a 20 °C y de resistencia a la corrosión ácida.

[0218] Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 10.

5

Tabla 10 – Resultados de los ensayos

	Tipo	CBS	UM	Bs ^{20°C} (G)	Hc(mOe)	r elec (μΩ.cm)	I ^{ox} (mA)
Inv.	SV292-3	-	++	4960	46	84	4,3
Inv.	SV323-6	-	++	4400	15	84,5	1,6
Inv.	SV289-3	-	++	4470	18	88,5	3,9
Inv.	SV290-3	-	++	4580	19	86	4,3
Inv.	SV296-1	-	++	4820	23	85	4,1
Inv.	SV306-4	0	++	4480	18	88	3,6
Inv.	SV289-4	-	++	4720	31	87	1,1
Inv.	SV304-3	-	++	4380	21	86,5	0,93

[0219] El ejemplo de la invención SV323-6 presenta un comportamiento a la corrosión en medio acuoso muy mejorado y la sensibilidad del sensor es excelente (Hc=15mOe).

10 **[0220]** En el ejemplo SV306-4, el contenido de níquel se reduce hacia el 28 % mientras que los comportamientos a la corrosión, a la corrosión en niebla salina, a la oxidación en atmósfera caliente y oxidante son todos excelentes, así como la sensibilidad del sensor (HC=18mOe): esto se consigue gracias a una optimización de las composiciones relativas de Ni, Cr, Cu, Mn y Si. El coste del sensor puede reducirse sensiblemente en el ejemplo SV289-4 con solamente un 26,5 %Ni gracias a una fuerte presencia de cobre (5,6 %) que permite conservar buenos
15 comportamientos a la corrosión y a la oxidación y una muy buena sensibilidad del sensor (Hc=31 mOe).

Ejemplo 6 - Motores y actuadores electromagnéticos

[0221] Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,6 mm para caracterizar las propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100 y 1300 °C, luego laminado en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000 y 1200 °C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es laminada en frío sin recocido intermedio desde el espesor de laminado en caliente hasta el espesor de 0,6 mm, después cortada en diferentes piezas o arandelas para medición antes de ser desengrasada y después recocida a
25 1100 °C durante 3 horas en H2 purificado (punto de rocío <-70 °C).

[0222] Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento siendo el hierro y las purezas inevitables.

30

Tabla 11 - Composición de los tipos de ensayos

	Tipo	%Ni	%Cr	%Cu	%Mn	%Si	% S(ppm)	% B(ppm)
Inv.	TD560-1	28	0,04	10	0,2	0,23	23	4
Inv.	TD560-3	30	0,04	10	0,2	0,26	32	0
Inv.	TD560-5	32	0,04	10	0,2	0,28	29	0
Inv.	TD560-7	34	0,04	10	0,2	0,23	27	0
Inv.	TD560-8	35	0,04	10	0,2	0,23	24	5
Inv.	TD561-3	28	2	10	0,2	0,26	28	0
Inv.	TD561-5	30	2	10	0,2	0,26	29	0
Inv.	TD561-7	32	2	10	0,2	0,23	31	7
Inv.	TD565-6	34	2	10	0,2	0,22	33	8
Comp.	SV292-4mod	29	0,5	0,9	0,3	0,24	16	5
Comp.	SV304-2mod	29,4	2	7	4,5	0,24	18	0

[0223] Se realizan una serie de pruebas para determinar los valores de resistencia a la corrosión en niebla salina, de resistencia al desgaste mecánico, de inducción de saturación a 20 °C, de campo coercitivo a 20 °C, de resistividad eléctrica a 20 °C y de resistencia a la corrosión ácida.

35

[0224] Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 12.

[0225] Se observa que las propiedades de sensibilidad a la corrosión en niebla salina y de comportamiento al desgaste mecánico de la capa oxidada de superficie siguen siendo buenos siempre y cuando se respeten los mínimos de Cr, Si y Cu.

Tabla 12 - Resultados de los ensayos

	Tipo	CBS	UM	Bs ^{20°C} (G)	Hc(mOe)	Br/Bm	μ _{max} ^{CC}
Inv.	TD560-1	-	++	7950	70	0,17	6000
Inv.	TD560-3	-	++	10300	62	0,17	8500
Inv.	TD560-5	-	++	12300	55	0,17	11000
Inv.	TD560-7	-	++	13300	51	0,19	15000
Inv.	TD560-8	-	++	13700	NR	NR	16000
Inv.	TD561-3	-	++	7000	76	0,22	6000
Inv.	TD561-5	0	++	9200	72	0,22	8500
Inv.	TD561-7	0	++	10700	56	0,23	12500
Inv.	TD565-6	0	++	11800	46	0,30	20500
Comp.	SV292-4mod	-	++	4800	55	NR	NR
Comp.	SV304-2mod	0	++	4080	21	NR	NR

5

[0226] Numerosas aleaciones de composiciones variadas del 28 al 34 % de níquel permiten la obtención de saturaciones magnéticas de 5000 a 12 000 G, y resistividades eléctricas de 80 a 90 μΩ.cm, al tiempo que mantienen campos coercitivos bajos y comportamientos a la corrosión variados según la necesidad precisa de la aplicación.

10 **[0227]** Como contraejemplo la aleación SV292-4mod no verifica la ecuación 2, lo que se traduce por una saturación demasiado baja (4800G) relacionada con un %Cu insuficiente respecto del contenido de níquel. En otro contraejemplo la aleación SV304-2mod no verifica la invención porque su saturación es demasiado baja (4080 G en lugar del mínimo de 5000 G), lo que se debe a su contenido demasiado elevado de manganeso.

15 **[0228]** La aleación TD560-8 presenta un 35 %Ni y una alta saturación. Se ha medido su permeabilidad μ_{max} siguiendo las direcciones 0°, 45° et 90° respecto de la dirección de laminado. Se obtiene respectivamente 19000, 17200 y 17600, lo que muestra que la aleación es casi perfectamente isótropa gracias a la sucesión de laminado intenso y de recocido final a alta temperatura. Gracias a esta propiedad el flujo magnético circulará de forma isótropa y privilegiará ciertas direcciones de la chapa, origen frecuente de fluctuación de par electromagnético en las

20 máquinas eléctricas. Las aleaciones según la invención tienen por tanto también la propiedad, a través de los laminados en frío y los recocidos apropiados, de poder presentar si es necesario una buena isotropía de las propiedades magnéticas.

[0229] Se observa asimismo que las aleaciones según la invención presentan una débil remanencia
 25 (rectangularidad del ciclo de histéresis Br/Bm <0,3) lo que permite bien desimantar en gran parte naturalmente desde que la excitación se corta («reducción del flujo» natural) bien no ser sensible a los campos parásitos perturbadores (campos superpuestos, sobreintensidad muy elevada y muy fugitiva que satura el material durante muy poco tiempo). Se observa en particular que es ventajoso reducir el % de níquel y el % de cromo para reducir la rectangularidad Br/Bm a valores muy reducidos tales como 0,17 en las aleaciones TD560-1, 3 y 5 que contienen un
 30 mínimo de %Cr, 28 al 32 %Ni y 10 %Cu.

Ejemplo 7 - Estatores para motores de relojería

[0230] Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,6 mm para caracterizar las
 35 propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100 y 1300 °C, luego laminado en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000 y 1200 °C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es laminada en frío sin recocido intermedio desde el espesor de laminado en caliente hasta el espesor de 0,6 mm, después cortada en diferentes piezas o arandelas para medición antes de ser desengrasada y después recocida a
 40 1100 °C durante 3 horas en H2 purificado (punto de rocío <-70 °C).

[0231] Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento siendo el hierro y las perezas inevitables.

Tabla 13 - Composición de los tipos de ensayos

	Tipo	%Ni	%Cr	%Cu	%Mn	%Si	%S	%B	%O+N
Inv.	TC767	31,7	8	0,01	2,97	0,2	19	0	59
Inv.	TD521mod	28	0,0	0	5,5	0,22	24	0	59
Inv.	SV302mod2	29,4	0,05	0	7	0,25	12	0	64
Inv.	SV292-5	29,2	0,5	0	2,8	0,23	17	0	58
Inv.	SV292-6	28,6	0,5	0	4,5	0,19	19	4	73
Inv.	SV298-4	28,9	0,97	0	3	0,11	36	8	59
Inv.	SV298-5	28,6	0,96	0	4	0,22	24	5	67
Inv.	SV296-4	28,2	1,9	0	3	0,24	9	7	58
Inv.	SV304-2	29,4	2	0	7	0,23	25	0	48
Inv.	SV316-6	32,2	1,89	0	6	0,19	24	0	59
Inv.	TD561-3	82	2	0	10	0,2	28	0	56
Comp.	SV306-6	27,4	3,8	0	6	0,2	25	8	84
Comp.	TC757	31,8	8,2	3,07	0,06	0,2	23	0	67
Comp.	SV298-1	29,4	1	0	0,5	0,2	27	5	61
Comp.	SV288-2	29,5	1	0	1	0,2	25	7	48
Comp.	SV299-6	28,2	4,7	0	2,95	0,3	23	0	70
Comp.	SV301-1	30	0	0	0,1	0,2	24	0	75
Comp.	22 bis	30	0,1	0	0,2	0,17	15	5	58

[0232] El punto de Curie se determina por una ida-vuelta del termomagnetómetro hasta una temperatura de 800 °C.

5

[0233] Se realizan también una serie de pruebas para determinar los valores de resistencia a la corrosión en niebla salina, de resistencia al desgaste mecánico, de resistividad eléctrica a 20 °C, de punto de Curie, el campo coercitivo a 20 °C, de inducción de saturación a 20 °C y de inducción de saturación a 60 °C.

10 **[0234]** Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 14.

Tabla 14 – Resultados de los ensayos

	Tipo	CBS	UM	ρ_{el} ($\mu\Omega.cm$)	Tc(°C)	Hc(mOe)	Bs ^{20°C} (G)	Bs ^{60°C} (G)
Inv.	TD521mod	-	++	85	156	48	7430	5500
Inv.	SV302mod2	-	++	83	154	44	7580	5700
Inv.	SV292-5	-	++	86,5	137	64	6700	4300
Inv.	SV292-6	-	++	86,5	154	70	7530	5600
Inv.	SV298-4	-	++	87,5	137	38	6810	4700
Inv.	SV298-5	-	++	87,5	144	46	7150	4900
Inv.	SV296-4	-	++	86,7	112	41	6310	4100
Inv.	SV304-2	0	++	85	111	32	6310	4150
Inv.	SV316-6	0	++	85	211	38	10810	9500
Inv.	TD561-3	0	++	82	131	76	7450	5200
Comp.	SV306-6	-	++	NR	93	NR	5060	NR
Comp.	TC757	0	+	NR	95	NR	5470	4630
Comp.	SV298-1	-	++	NR	92	NR	5030	NR
Comp.	SV288-2	-	++	NR	98	NR	5510	NR
Comp.	SV299-6	0	++	NR	80	NR	4520	NR
Comp.	SV301-1	--	++	NR	76	NR	4300	NR
Comp.	22 bis	-	++	83	76	22	4300	2200

Ejemplo 8 - Inductancia y transformador para la electrónica de potencia

15

[0235] Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,6 mm para caracterizar las propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100 y 1300 °C, luego laminado en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000 y 1200 °C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es

20 laminada en frío desde el espesor de laminado en caliente hasta el espesor de 0,6 mm, después es recocida entre

800 y 1100 °C durante 1 hora, después desengrasada, laminada en frío hasta el espesor 0,05 mm, cizallada, revestida con un aislante mineral para evitar que se peguen las ceras durante el recocido y enrollada en núcleos de diámetros de 30x20 mm, altura 20mm, después recocido a 1100 °C/3 h en H2 purificado (punto de rocío < -70 °C).

- 5 **[0236]** Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento siendo el hierro y las purezas inevitables.

Tabla 15 - Composición de los tipos de ensayos

	Tipo	%Ni	%Cr	%Cu	%Mn
Inv.	TD521-4	28	0,03	6	0,2
Inv.	SV287-1	31,8	0,04	0,5	0,3
Inv.	SV302mod-2	29,4	0,05	7	2
Inv.	SV292-6	28,6	0,5	4,5	0,3
Inv.	SV298-6	28,05	0,95	6	0,2
Inv.	15	33,78	1,02	0,13	0,18
Inv.	SV304-1	30	2	7	0,1
Inv.	SV313-6	29,3	1,89	6	0,2
Inv.	SV326-6	28,4	1,88	6	0,2
Inv.	TD561-4	29	2	10	0,3
Inv.	SV302mod-1	30	0,05	7	0,2
Inv.	SV315-3	32,5	1,97	2	0,2
Inv.	SV317-3	34,5	1,97	2	0,2
Inv.	SV314-6	30,3	1,89	6	0,2
Inv.	SV317-6	33,1	1,89	6	0,2
Inv.	TD561-5	30	2	10	0,3
Comp.	SV301mod-1	30	0,05	0,15	0,2
Comp.	SV292-1	29,9	0,5	0,12	0,3
Comp.	TC768	30	2	3	0,3

- 10 **[0237]** Se realizan una serie de pruebas para determinar los valores de inducción de saturación a 20 °C, de punto de Curie, de campo coercitivo a 20 °C, de resistividad eléctrica a 20 °C y de resistencia a la corrosión ácida.

[0238] Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 16.

15

Tabla 16 - Resultados de los ensayos

	Tipo	Bs ^{20°C} (G)	Tc(°C)	Hc(mOe)	ρ _{el} (μΩ.cm)	I ^{ox} (mA)
Inv.	TD521-4	8030	156	71	84,5	2,1
Inv.	SV287-1	8420	152	41	83	4,5
Inv.	SV302mod-2	7580	154	44	84	4,6
Inv.	SV292-6	7530	154	70	87	3,9
Inv.	SV298-6	7590	153	57	85,5	2,4
Inv.	15	8150	159	42,5	81	2,5
Inv.	SV304-1	8530	163	48	85	0,85
Inv.	SV313-6	8320	161	33	86,5	1,2
Inv.	SV326-6	8490	168	55	86,5	2,9
Inv.	TD561-4	8490	178	75	80,5	0,9
Inv.	SV302mod-1	9820	199	75	85	4,5
Inv.	SV315-3	9520	174	39	87	1,3
Inv.	SV317-3	11360	205	38,5	85	1,3
Inv.	SV314-6	9190	183	34	86	1,2
Inv.	SV317-6	11470	229	36	84,5	1,2
Inv.	TD561-5	9370	178	70	81	0,9
Comp.	SV301mod-1	4300	86	23	81	4,5
Comp.	SV292-1	4490	90	36	81,5	4,4
Comp.	TC768	7380	118	41	88,6	1,3

- [0239]** Se observa que todas las aleaciones según la invención tienen al menos 80 μΩ.cm de resistividad

eléctrica a 20 °C y un campo coercitivo de menos de 75 mOe, y en general de menos de 41mOe a 20 °C: estos rendimientos asociados a un reducido espesor y un buen aislamiento interespira garantizan pérdidas magnéticas reducidas, aún más admisibles en estos núcleos magnéticos de componentes magnéticos pasivos porque su buena conducción térmica permite extraer fácilmente estas pérdidas magnéticas.

5

[0240] Se observa en los contraejemplos SV301mod-1, SV292-1 y TC768 que el equilibrio entre el %Ni y %Cu debe estar bien asegurado para que la saturación sea suficiente, es decir, para que el dimensionamiento del circuito magnético lleve a un volumen suficientemente interesante respecto de las ferritas.

10 Ejemplo 9 - Láminas bimetal

[0241] Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,6 mm para caracterizar las propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100 y 1300 °C, luego laminado en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000 y 1200 °C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es laminada en frío hasta el espesor de 0,6 mm, después recocida entre 800 y 1100 °C durante 1 hora, después desengrasada, cortada en diferentes piezas o arandelas para mediciones después recocida a 1100 °C durante 3 h en H2 purificado (punto de rocío < -70 °C).

20 [0242] Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento siendo el hierro y las purezas inevitables.

Tabla 17 - Composición de las aleaciones de los ensayos

	Aleación	% Ni	% Cr	% Cu	% Mn
Inv.	SV285mod-3	32	0,04	2	0,3
Inv.	SV285mod-5	32	0,04	4	0,3
Inv.	SV287-5	31	0,04	3,7	0,2
Inv.	SV316-6	32	1,89	6	0,2
Inv.	TD561-6	31	2	10	0,3
Inv.	TD561-8	33	2	10	0,3
Comp.	Invar	36	0	0	0,2
Comp.	N42	42	0	0	0,2
Comp.	SV285mod-1	32	0,04	0,53	0,3
Comp.	SV285mod-7	32	0,04	0,01	0,3
Comp.	SV287-1	32	0,04	05	0,2
Comp.	TD521-1	28	0,03	0,12	0,2
Comp.	TD521-4	28	0,03	6	0,1

25 [0243] Se realizan una serie de pruebas para determinar los valores de resistencia a la corrosión en niebla salina, de resistencia al desgaste mecánico, de punto de Curie, de resistividad eléctrica a 20 °C, de coeficiente de dilatación entre 20 y 200 °C y entre 20 y 300 °C.

[0244] Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 18.

30

Tabla 18 - Resultados de los ensayos

	Aleación	CBS	UM	Tc(°C)	ρ_{el} ($\mu\Omega.cm$)	α_{20-100} ($10^{-6}/^{\circ}C$)	α_{20-300} ($10^{-6}/^{\circ}C$)
Inv.	SV285mod-3	-	++	211	85	3,1	8,7
Inv.	SV285mod-5	-	++	229	85,8	2,7	6,9
Inv.	SV287-5	-	++	198	86,5	4,1	9,4
Inv.	SV316-6	0	++	211	85	4,8	8,3
Inv.	TD561-6	0	++	204	80,1	5,1	8,5
Inv.	TD561-8	0	++	247	78,7	5,6	7,4
Comp.	Invar	--	++	250	75	1,5	6
Comp.	N42	--	++	330	63	4	4,3
Comp.	SV285mod-1	-	++	205	84	4,2	10,1
Comp.	SV285mod-7	-	++	185	83,5	4,9	10,7
Comp.	SV287-1	-	++	152	83	5,3	10,9

Comp.	TD521-1	-	++	-10	82	16,8	18,5
Comp.	TD521-4	-	++	156	84,5	9,6	11,9

Ejemplo 10 - Núcleos de bobinas de motores de relojería y relés electromagnéticos de alta sensibilidad

[0245] Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,6 mm para caracterizar las propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100 y 1300 °C, luego laminado en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000 y 1200 °C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es laminada en frío sin recocido intermedio desde el espesor de laminado en caliente hasta el espesor de 0,6 mm, después cortada en diferentes piezas o arandelas para medición antes de ser desengrasada y después recocida a 1100 °C durante 3 horas en H2 purificado (punto de rocío <-70 °C).

[0246] Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento siendo el hierro y las purezas inevitables.

15

Tabla 19 - Composición de los tipos de ensayos

	Tipo	%Ni	%Cr	%Cu	%Mn	%Si
Inv.	SV285-3	31,8	0,04	2	0,3	0,21
Inv.	SV287-6	30,2	0,04	5,5	0,3	0,23
Inv.	SV315-5	31,9	1,93	4	0,2	0,26
Inv.	SV315-6	31,2	1,89	6	0,2	0,26
Inv.	TD561-6	31	2	10	0,3	0,24
Inv.	SV288-1	35,8	0,05	0,5	0,3	0,23
Inv.	SV288-4	34,9	0,05	2,9	0,3	0,26
Inv.	SV288-6	34	0,05	5,6	0,3	0,25
Inv.	SV285mod-4	32,45	0,04	3	0,3	0,35
Inv.	SV285mod-6	32,45	0,04	6	0,3	0,38
Inv.	SV316-3	33,5	1,97	2	0,2	0,33
Inv.	SV316-5	33,2	1,93	4	0,2	0,37
Inv.	SV317-2	34,8	1,99	1	0,2	0,35
Inv.	SV317-4	34,1	1,95	3	0,2	0,36
Inv.	SV316-6	32,2	1,89	6	0,2	0,35
Inv.	TD561-8	33	2	10	0,3	0,34
Inv.	SV288-5	34,6	0,05	3,8	0,21	0,23
Inv.	SV288-6	34	0,05	5,6	0,23	0,43
Inv.	SV560-6	33	0,1	10	0,2	0,35
Inv.	SV560-9	35,95	0,05	10	0,2	0,19
Inv.	SV316-1	34	2	0,5	0,2	0,32
Comp.	TC661	33,8	5	2	0,15	0,22

[0247] Se realizan una serie de pruebas para determinar los valores de resistencia a la corrosión en niebla salina, de resistencia al desgaste mecánico, de resistividad eléctrica a 20 °C, de punto de Curie, de inducción de saturación a 20 °C, de campo coercitivo a 20 °C y de resistencia a la corrosión ácida.

20

[0248] Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 20.

[0249] Se observa que se puede obtener una saturación de 10 000 G a 20 °C con solamente un 30 %Ni, y una saturación de 13 000 G a 20 °C con solamente un 34 %Ni.

25

[0250] Estos rendimientos son totalmente interesantes e innovadores, además de las propiedades de buen comportamiento al desgaste mecánico de la capa oxidada.

Tabla 20 - Resultados de los ensayos

	Tipo	CBS	UM	r _{elec} (μΩ.cm)	T _c (°C)	B _s ^{20°C} (G)	H _c (mOe)	I _{ox} (mA)
Inv.	SV285-3	-	++	85	198	10050	53	4,4
Inv.	SV287-6	-	++	84,5	202	10010	72	3,95

Inv.	SV315-5	0	++	88	189	10020	42	1,1
Inv.	SV315-6	0	++	85,5	197	10050	43	1,2
Inv.	TD561-6	0	++	80	204	10090	65	0,8
Inv.	SV288-1	-	++	65	NR	13230	88	4,1
Inv.	SV288-4	-	++	75	NR	13430	71	3,3
Inv.	SV288-6	-	++	79	NR	13430	67	3,7
Inv.	SV285mod-4	-	++	86,5	218	12030	74	4,03
Inv.	SV285mod-6	-	++	83	238	12410	91	3,9
Inv.	SV316-3	-	++	83	198	10460	37	1,3
Inv.	SV316-5	0	++	88	201	10790	40	1,1
Inv.	SV317-2	0	++	76	204	11140	35,5	1,5
Inv.	SV317-4	0	++	84	205	11460	36,5	1,3
Inv.	SV316-6	0	++	85	211	10810	38	1,2
Inv.	TD561-8	0	++	78	247	11350	56	0,8
Inv.	SV288-5	-	++	72	NR	13420	72	3,2
Inv.	SV288-6	-	++	73	NR	13430	67	2,9
Inv.	SV560-6	-	++	70,5	NR	13100	59	3,3
Inv.	SV560-9	-	++	60,1	NR	14070	77	1,6
Inv.	SV316-1	-	++	83	191	10060	41	1,5
Comp.	TC661	0	++	88	174	9000	49	0,5

Ejemplo 11 - -Dispositivos de medición de temperatura y de marcado de superación de temperatura, sin contacto

5 [0251] Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,6 mm para caracterizar las propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100 y 1300 °C, luego laminado en caliente hasta un espesor de 2,5 mm, entre 1000 y 1200 °C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es laminada en frío desde el espesor de laminado en caliente hasta el espesor de 0,6 mm, después es recocida entre 800 y 1100 °C durante 1 hora, después desengrasada, cortada en diferentes piezas o arandelas para mediciones (ver previamente los diferentes tipos de caracterización utilizados) después recocida a 1100 °C durante 3 horas en H2 purificado (punto de rocío < -70 °C).

15 [0252] Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento siendo el hierro y las purezas inevitables.

Tabla 21 - Composición de los tipos de ensayos

	Tipo	%Ni	%Cr	%Cu	%Mn	%Si
Inv.	AA	26,33	4	0,12	0,02	0,17
Inv.	AB	26,5	6	0,15	0,02	0,18
Inv.	SV297-1	26,9	1,9	1	0,02	0,34
Inv.	SV289-1	27,9	2	0,97	0,03	0,16
Inv.	SV300-2	27,9	4	1	0,02	0,31
Inv.	SV300-1	28	4	0,5	0,02	0,23
Inv.	SV305-1	28	6	0,5	0,02	0,18
Inv.	AC	28	0,03	0,12	0,02	0,21
Inv.	SV306-3	28,7	3,9	2	0,02	,016
Inv.	AD	29	0,03	0,15	0,02	0,31
Inv.	SV287-1	31,8	0,04	0,5	0,03	0,17
Inv.	SV323-5	32	1,92	0,6	3,84	0,18
Inv.	SV285mod-3	32,45	0,04	2	0,3	0,15
Comp.	AE	27	0,03	0,14	0,2	0,23

20 [0253] Se realizan una serie de pruebas para determinar los valores de resistencia a la corrosión en niebla salina, de resistencia al desgaste mecánico, de inducción de saturación a 20 °C, de punto de Curie, de campo coercitivo a 20 °C y de resistencia a la corrosión ácida.

[0254] Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 22.

Tabla 22 - Resultados de los ensayos

	Tipo	CBS	UM	Bs ^{20°C} (G)	Tc(°C)	Hc(mOe)	I _{ox} (mA)
Inv.	AA	-	++	0	-50	NR	3,7
Inv.	AB	-	++	0	-50	NR	3,1
Inv.	SV297-1	-	++	1530	24	21,3	2,6
Inv.	SV289-1	-	++	2540	43	NR	NR
Inv.	SV300-2	-	++	1970	37	27,5	1,9
Inv.	SV300-1	-	++	1570	24	18,8	1,7
Inv.	SV305-1	-	++	1140	18	13,8	1,4
Inv.	AC	-	++	0	-10	NR	4,7
Inv.	SV306-3	-	++	3840	70	NR	NR
Inv.	AD	-	++	1650	25	17,5	4,5
Inv.	SV287-1	-	++	8420	152	NR	NR
Inv.	SV323-5	-	++	3620	56	NR	NR
Inv.	SV285mod-3	-	++	11060	211	NR	NR
Comp.	AE	-	++	3700	-50	350	4,9

5 **[0255]** Se observa que el contraejemplo no verifica la ecuación 1 lo que significa que la aleación no es totalmente austenítica. El carácter no austenítico de la aleación no permite alcanzar los valores de campo coercitivo requeridos.

Ejemplo 12 - Sustratos hipertexturados para epitaxia

10

[0256] Se han elaborado varias aleaciones hasta el espesor final de 0,1 mm para caracterizar sus propiedades de uso. Las aleaciones son elaboradas a partir de materias puras al 99,9 %, fundidas en el horno de inducción en vacío en un lingote de 50 kg. El lingote es forjado entre 1100 y 1300 °C, luego laminado en caliente hasta un espesor de 5 mm, entre 1000 y 1200 °C luego decapado químicamente. Seguidamente la banda es laminada en frío hasta el espesor de 0,1 mm sin recocido intermedio, después pulida mecánicamente con fieltro de pulido abrasivo hasta un grano de pulido muy fino del orden del micrón. Seguidamente el metal es recocido entre 800 y 1100 °C durante 1 hora, después cortado en diferentes piezas para mediciones de figuras de polos por RX para evaluar el tipo y la intensidad de la textura obtenida.

15

20 **[0257]** Los tipos probados comportan los elementos mencionados en la siguiente tabla, el complemento siendo el hierro y las purezas inevitables.

Tabla 23 - Composición de los tipos de ensayos

	Tipo	%Ni	%Cr	%Cu	%Mn	%Si	%S+Se+Sb	%Ti+Al
Inv.	TC659	33,5	4,9	0,15	0,13	0,025	5	13 ppm
Inv.	TD544-4	31	0,5	3	0,23	0,21	7	11 ppm
Comp.	Fe-50 %Ni	48	0,06	0,03	0,35	0,03	23	15 ppm

25 **[0258]** Se realizan una serie de pruebas para determinar los valores de resistencia a la corrosión en niebla salina, de resistencia al desgaste mecánico, de punto de Curie, de resistencia a la corrosión ácida, de dilatabilidad entre 20 y 300 °C, de índice de macla y de desorientación media de textura.

[0259] Los resultados de estas pruebas están recogidos en la tabla 24.

30

Tabla 24 - Resultados de los ensayos

	Tipo	Endurecido (%)	CBS	UM	Tc(°C)	I _{ox} ^{max} (mA)	α ₂₀₋₃₀₀ (10 ⁻⁶ /°C)	Índice de macla (%)	ω (°)
Inv.	TC659	98	0	++	149	1,5	16,5	5	8
Inv.	TD544-4	92	0	++	175	3,6	9,8	8	9
Comp.	Fe-Ni 50	96	-	++	450	4,2	9	3	7

[0260] Se observa que las aleaciones según la invención presentan un fuerte aptitud a la texturización cúbica

{100}<001> con un reducido índice de macla (<10 %) y una reducida desorientación media de textura ω (<10 °), un fuerte comportamiento al desgaste mecánico de la capa oxidada en atmósfera degradada de funcionamiento o de recocido gracias a la adición de contenidos mínimos de Cr, Si y Cu, y dilatabilidades variables en un amplio rango que permite responder a la mayoría de las necesidades de dilatación de los depósitos sobre sustrato para epitaxia.

5

REIVINDICACIONES

1. Aleación austenítica hierro-níquel-cromo-cobre cuya composición comprende en % en peso:

- 5 $24 \% \leq \text{Ni} \leq 36 \%$
 $\text{Cr} \geq 0,02 \%$
 $\text{Cu} \geq 0,1 \%$
10 $\text{Cu} + \text{Co} \leq 15 \%$
 $0,01 \leq \text{Mn} \leq 6 \%$
15 $0,02 \leq \text{Si} \leq 2 \%$
 $0 \leq \text{Al} + \text{Ti} \leq 3 \%$
 $0 \leq \text{C} \leq 2 \%$
20 $0 \leq \text{V} + \text{W} \leq 6 \%$
 $0 \leq \text{Nb} + \text{Zr} \leq 0,5 \%$
25 $0 \leq \text{Mo} \leq 8$
 $\text{Sn} \leq 1$
 $0 \leq \text{B} \leq 0,006 \%$
30 $0 \leq \text{S} + \text{Se} + \text{Sb} \leq 0,008 \%$
 $0 \leq \text{Ca} + \text{Mg} \leq 0,020 \%$

35 el resto siendo hierro e impurezas resultantes de la elaboración, los porcentajes de níquel, cromo, cobre, cobalto siendo tales que la aleación satisface además las condiciones siguientes:

$$\text{Co} < \text{Cu}$$

- 40 $\text{Co} < 4 \%$ si $\text{Cr} > 7,5 \%$
 $\text{Eq1} > 28 \%$ con $\text{Eq1} = \text{Ni} + 1,2 \text{Cr} (\text{Cu}/5)$
 $\text{Cr} < 7,5 \%$ si $\text{Ni} > 32,5 \%$,

45 y el contenido de manganeso respetando además las condiciones siguientes:

- si $\text{Eq3} \geq 205$, $\text{Mn} \leq \text{Ni} - 27,5 + \text{Cu} - \text{Cr}$
- si $180,5 \leq \text{Eq3} \leq 205$, $\text{Mn} \leq 4 \%$

50 - si $\text{Eq3} \leq 180,5$, $\text{Mn} \leq 2 \%$

con

$$\text{Eq3} = 6\text{Ni} - 2,5\text{X} + 4(\text{Cu} + \text{Co}) \text{ y } \text{X} = \text{Cr} + \text{Mo} + \text{V} + \text{W} + \text{Si} + \text{Al}$$

55 2. Aleación según la reivindicación 1, **caracterizada porque** los porcentajes de níquel, cromo, cobre, cobalto, molibdeno, manganeso, vanadio, tungsteno, silicio y aluminio son tales que la aleación satisface además las condiciones siguientes:

$$0,02 \leq \text{Mn}$$

$$\text{Eq2} \geq 0,95 \text{ con Eq2} = (\text{Ni} - 24) [0,18 + 0,08(\text{Cu} + \text{Co})]$$

5

$$\text{Eq3} \geq 161$$

$$\text{Eq4} \leq 10 \text{ con Eq4} = \text{Cr} - 1,125(\text{Cu} + \text{Co})$$

10

$$\text{Eq5} \leq 13,6 \text{ con Eq5} = \text{Cr} - 0,227(\text{Cu} + \text{Co})$$

$$\text{Eq6} \geq 150 \text{ con Eq6} = \text{Ni} - 2,5X + 1,3(\text{Co} + \text{Cu})$$

$$\text{Eq7} \geq 150 \text{ con Eq7} = 6\text{Ni} - 5\text{Cr} + 4\text{Cu}$$

15 3. Utilización de una aleación según la reivindicación 2 para la fabricación de dispositivos electromagnéticos con autorregulación de temperatura.

4. Dispositivo electromagnético con autorregulación de temperatura que comprende una aleación según la reivindicación 2.

20

5. Aleación según la reivindicación 1, **caracterizada además porque:**

$$\text{Ni} \leq 29 \%$$

25

$$\text{Co} \leq 2 \%$$

$$0,02 \leq \text{Mn} \leq 2 \%$$

$$\text{Eq2} \geq 0,95 \text{ con Eq2} = (\text{Ni} - 24) [0,18 + 0,08(\text{Cu} + \text{Co})]$$

30

$$\text{Eq3} \geq 161$$

$$\text{Eq4} \leq 10 \text{ con Eq4} = \text{Cr} - 1,125(\text{Cu} + \text{Co})$$

35

$$\text{Eq5} \leq 13,6 \text{ con Eq5} = \text{Cr} - 0,227(\text{Cu} + \text{Co})$$

$$\text{Eq6} \geq 150 \text{ con Eq6} = 6\text{Ni} - 2,5X + 1,3(\text{Co} + \text{Cu})$$

40

$$\text{Eq7} \geq 160 \text{ con Eq7} = 6\text{Ni} - 5\text{Cr} + 4\text{Cu}$$

6. Utilización de una aleación según la reivindicación 5 para la fabricación de dispositivos con autorregulación de flujo magnético.

7. Dispositivo con autorregulación de flujo magnético que comprende una aleación según la reivindicación 5.

45

8. Aleación según la reivindicación 2, **caracterizada además porque:**

$$\text{Ni} \leq 35 \%$$

50

$$\text{C} \leq 0,5 \%$$

$$\text{Eq2} \geq 1$$

55

$$\text{Eq3} \geq 170$$

$$\text{Eq6} \geq 159$$

$$\text{Eq7} \geq 160$$

9. Utilización de una aleación según la reivindicación 8 para la fabricación de dispositivos con dilatación controlada.

5 10. Dispositivo con dilatación controlada que comprende una aleación según la reivindicación 8.

11. Aleación según la reivindicación 2, **caracterizada además porque:**

10 $Cu \leq 10 \%$
 $C \leq 0,1$
 $Eq2 \geq 1$
15 $Eq3 \geq 170$
 $Eq6 \geq 159$
 $Eq7 \geq 160$

20 12. Utilización de una aleación según la reivindicación 11, para la fabricación de sensores de corrientes, de transformadores de medición o de sensores magneto-armónicos.

13. Sensores de corrientes, transformadores de medición o sensores magneto-armónicos que
25 comprenden una aleación según la reivindicación 11.

14. Aleación según la reivindicación 2, **caracterizada además porque:**

30 $0,05 \% \leq Mn \leq 2 \%$
 $C \leq 0,1$
 $Eq2 \geq 1,5$
35 $Eq3 \geq 175$
 $Eq4 \leq 7$ si $Ni \leq 32,5$
 $Eq5 \leq 10,6$ si $Ni \leq 32,5$
40 $Eq6 \geq 164$
 $Eq7 \geq 160$

45 15. Utilización de una aleación según la reivindicación 14, para la fabricación de motores y actuadores electromagnéticos.

16. Motor y actuador electromagnético que comprende una aleación según la reivindicación 14.

50 17. Aleación según la reivindicación 14, **caracterizada además porque:**

$Co \leq 1,8 \%$
 $O + N \leq 0,01 \%$

55 la aleación satisface además al menos una de las relaciones siguientes:

$0,0002 \leq B \leq 0,002 \%$

$$0,0008 \leq S + Se + Sb \leq 0,004 \%$$

$$0,001 \leq Ca + Mg \leq 0,015 \%$$

5 18. Utilización de una aleación según la reivindicación 17, para la fabricación de estatores para motores de relojería.

19. Estator para motor de relojería que comprende una aleación según la reivindicación 17.

10 20. Aleación según la reivindicación 11, **caracterizada además porque:**

$$Eq2 \geq 1,5 \%$$

$$Eq3 \geq 189$$

15

$$Eq4 \leq 4 \text{ si } Ni \leq 32,5, \text{ o } Eq4 \leq 7 \text{ si } Ni > 32,5$$

$$Eq5 \leq 4 \text{ si } Ni \leq 32,5, \text{ o } Eq5 \leq 7 \text{ si } Ni > 32,5$$

20

$$Eq6 \geq 173$$

$$Eq7 \geq 185$$

21. Utilización de una aleación según la reivindicación 20, para la fabricación de inductancias o de transformadores para la electrónica de potencia.

22. Inductancia o transformador para la electrónica de potencia que comprende una aleación según la reivindicación 20.

30 23. Aleación según la reivindicación 2, **caracterizada además porque:**

$$Ni \geq 30 \%$$

$$C \leq 1 \%$$

35

$$Eq2 \geq 1,5$$

$$Eq3 \geq 189$$

40

$$Eq4 \leq 4 \text{ si } Ni \leq 32,5, \text{ o } Eq4 \leq 7 \text{ si } Ni > 32,5$$

$$Eq5 \leq 4 \text{ si } Ni \leq 32,5, \text{ o } Eq5 \leq 7 \text{ si } Ni > 32,5$$

45

$$Eq6 \geq 173$$

$$Eq7 \geq 185$$

$$Eq8 \geq 33 \text{ con } Eq8 = Ni + Cu - 1,5Cr$$

50 24. Utilización de una aleación según la reivindicación 23, para la fabricación de láminas bimetálicas.

25. Lámina bimetálica que comprende una aleación según la reivindicación 23.

55 26. Aleación según la reivindicación 14, **caracterizada además porque:**

$$Eq2 \geq 2$$

$$Eq3 \geq 195$$

$$\text{Eq4} \leq 2 \text{ si Ni} \leq 32,5, \text{ o Eq4} \leq 6 \text{ si Ni} > 32,5$$

$$\text{Eq5} \leq 2 \text{ si Ni} \leq 32,5, \text{ o Eq5} \leq 6 \text{ si Ni} > 32,5$$

5
$$\text{Eq6} \geq 180$$

$$\text{Eq7} \geq 190$$

10 27. Aleación según la reivindicación 26, **caracterizada además porque:**

$$\text{Eq9} \geq 13000 \text{ con Eq9} = 1100(\text{Ni} + \text{Co}/3 + \text{Cu}/3) - 1200\text{Cr} - 26000$$

15 28. Utilización de una aleación según una u otra de las reivindicaciones 26 o 27, para la fabricación de núcleos de bobinas de motores de relojería o de relés electromagnéticos de alta sensibilidad.

29. Núcleo de bobina de motor de relojería o relé electromagnético de alta sensibilidad que comprende una aleación según cualquiera de las reivindicaciones 26 o 27.

20 30. Aleación según la reivindicación 1, **caracterizada además porque:**

$$\text{Cu} \leq 10 \%$$

$$0,02 \leq \text{Mn}$$

25
$$\text{C} \leq 1 \%$$

$$\text{Eq2} \geq 0,4 \text{ con Eq2} = (\text{Ni}-24)[0,18+0,08(\text{Cu}+\text{Co})]$$

$$\text{Eq3} \geq 140$$

30
$$\text{Eq4} \leq 10 \text{ con Eq4} = \text{Cr} - 1,125(\text{Cu}+\text{Co})$$

$$\text{Eq5} \leq 13,6 \text{ con Eq5} = \text{Cr} - 0,0227(\text{Cu}+\text{Co})$$

35
$$\text{Eq6} \geq 140 \text{ con Eq6} = 6\text{Ni} - 2,5\text{X} + 1,3(\text{Cu}+\text{Co})$$

$$\text{Eq7} \geq 125 \text{ con Eq7} = 6\text{Ni} - 5\text{Cr} + 4\text{Cu}$$

31. Utilización de una aleación según la reivindicación 30, para la fabricación de dispositivos de medición de temperatura o de marcado de superación de temperatura, sin contacto.

32. Dispositivo de medición de temperatura o de marcado de superación de temperatura, sin contacto, que comporta una aleación según la reivindicación 30.

45 33. Aleación según la reivindicación 1, **caracterizada además porque:**

$$\text{Mn} \leq 2 \%$$

$$\text{Si} \leq 1 \%$$

50
$$\text{Cu} \leq 10 \%$$

$$\text{Cr} + \text{Mo} \leq 18 \%$$

55
$$\text{C} \leq 0,1$$

$$\text{Ti} + \text{Al} \leq 0,5 \%$$

la aleación satisface además al menos una de las relaciones siguientes:

$$0,0003 \leq B \leq 0,004 \%$$

$$0,0003 \leq S + Se + Sb \leq 0,008 \%$$

5

34. Aleación según la reivindicación 33, **caracterizada además porque:**

$$0,003 \leq Nb + Zr \leq 0,05 \%$$

10 35. Utilización de una aleación según cualquiera de las reivindicaciones 33 o 34, para la fabricación de sustratos hipertexturados para epitaxia.

36. Sustrato hipertexturado para epitaxia que comprende una aleación según cualquiera de las reivindicaciones 33 o 34.