

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 367**

51 Int. Cl.:
H01F 1/147 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09720281 .6**
96 Fecha de presentación: **14.01.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2313895**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.04.2011**

54 Título: **ALEACIÓN FE-CO PARA ACCIONADOR ELECTROMAGNÉTICO DE GRAN DINÁMICA.**

30 Prioridad:
22.01.2008 EP 08290057

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.01.2012

73 Titular/es:
**APERAM Alloys Imphy
1-5 rue Luigi Cherubini
93200 Saint Denis, FR**

72 Inventor/es:
**WAECKERLE, Thierry y
FRAISSE, Hervé**

74 Agente: **Pérez Barquín, Eliana**

ES 2 372 367 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 Fe-Co para accionador electromagnético de gran dinámica

5 La presente invención se refiere a una aleación Fe-Co más concretamente destinada a la fabricación de un accionador electromagnético de gran dinámica, sin por ello estar limitada.

10 Un accionador electromagnético es un dispositivo electromagnético que convierte una energía eléctrica en una energía mecánica con un modo de conversión electromagnético. Algunos de estos accionadores son llamados lineales ya que convierten la energía eléctrica recibida en un desplazamiento rectilíneo de una pieza móvil. Tales accionadores se encuentran en electroválvulas y en electroinyectores.

15 Una aplicación privilegiada de tales electroinyectores es la inyección directa de combustible en los motores de explosión, en particular los motores diesel. Otra aplicación privilegiada se refiere a un tipo de electroválvula particular utilizada para el control electromagnético de válvulas de motores de combustión interna (gasolina o diesel).

20 En estos accionadores, la energía eléctrica es aportada en un bobinado por una serie de impulsos de corriente, creando un campo magnético que magnetiza una culata magnética no cerrada, que incluye por lo tanto un entrehierro. Las características geométricas de la culata permiten dirigir la mayor parte de las líneas de campo magnético de manera axial frente a la zona de entrehierro. Bajo el efecto del impulso eléctrico, el entrehierro se encuentra sometido a una diferencia de potencial magnético. El accionador incluye también un núcleo movilizado por la acción de la corriente eléctrica en la bobina. En efecto, la diferencia de potencial magnético introducida en la bobina entre el núcleo móvil en reposo sobre uno de los polos de la culata y el polo opuesto de la culata crea una fuerza electromagnética sobre el núcleo magnetizado, mediante un gradiente de campo magnético. El núcleo magnetizado se pone así en movimiento. La posición de reposo puede situarse igualmente bien en medio del entrehierro, gracias a dos resortes simétricos, que favorecen por su rigidez la dinámica de la pieza móvil, en particular para las válvulas de control electromagnético.

30 La puesta en movimiento del núcleo móvil se produce con un desfase con relación al instante de generación de los impulsos eléctricos. Para un funcionamiento óptimo del accionador, se pone de manifiesto que es necesario que el metal posea una resistencia eléctrica a 20 °C ρ_{el} elevada, y en particular superior a 50 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$, y un campo coercitivo H_c bajo, es decir, inferior a 32 Oe y preferiblemente inferior a 8 Oe. Estas condiciones permiten obtener una excelente dinámica de magnetización por la generación de escasas corrientes inducidas en la culata y el núcleo magnético, permitiendo alcanzar rápidamente la magnetización mínima del núcleo que genera su puesta en movimiento. Esta excelente dinámica permite así reducir el tiempo de accionamiento y el consumo eléctrico del accionador.

40 Es necesario también que el núcleo posea una magnetización de saturación J_s elevada, es decir, superior a 1,75 T y preferiblemente superior a 1,9 T, como para posibilitar una fuerza máxima al final del impulso lo más elevada posible. Es en efecto esta fuerza la que garantiza el mantenimiento de la posición abierta o cerrada del accionador, lo que es especialmente importante cuando se trata de interrumpir completamente la corriente de un fluido a alta presión o de compensar la fuerza de retorno de uno o más resortes. Tal nivel de magnetización de saturación permite así obtener un accionador compacto que presenta una fuerza y una potencia volumétrica elevadas.

45 Estos núcleos magnéticos tienen distintas formas que pueden fabricarse a partir de hilos, barras, placas o chapas laminadas. Deben pues presentar una buena aptitud a la transformación en caliente, y preferiblemente una buena aptitud a la conformación en frío cuando sea necesaria.

50 Una vez fabricados y puestos en servicio, estos núcleos pueden estar sometidos a un entorno de trabajo ligeramente oxidante y deben pues presentar un buen comportamiento ante la corrosión para resistir este tipo de desgaste prematuro.

55 Están sometidos además a choques múltiples cuando terminan sus carreras a tope de manera brutal y deben pues presentar buenas características mecánicas, es decir, en la práctica, una resistencia a la tracción R_m superior a 500 MPa y, preferiblemente, un límite elástico $R_{0,2}$ superior a 250 MPa en el estado laminado en caliente con un grosor de al menos 2 mm.

60 Se utilizan generalmente para la fabricación de accionadores electromagnéticos aleaciones de hierro y cobalto (Fe-Co) tales como las descritas en el documento EP 715320. Los materiales descritos incluyen de 6 a 30% de cobalto, de 3 a 8% de uno o más elementos elegidos entre el cromo, el molibdeno, el vanadio y/o el tungsteno, siendo el resto hierro. Estas aleaciones presentan sin embargo una dinámica insuficiente.

65 La presente invención pretende poner a disposición un material adaptado a la fabricación, de manera económica, de núcleos para accionadores electromagnéticos compactos de gran dinámica y de elevada saturación. Este material debe por otro lado permitir una aplicación en caliente, y preferiblemente en frío, mejorada.

Un primer objeto de la invención está así constituido por una aleación Fe-Co cuya composición comprende en % en peso:

$$5 \quad \begin{aligned} &6 \leq \text{Co} + \text{Ni} \leq 22 \\ &\text{Si} \geq 0,2 \\ &0,5 \leq \text{Cr} \leq 8 \\ &\text{Ni} \leq 4 \\ &0,10 \leq \text{Mn} \leq 0,90 \end{aligned}$$

$$10 \quad \begin{aligned} &\text{Al} \leq 4 \\ &\text{Ti} \leq 1 \\ &\text{C} \leq 1 \\ &\text{Mo} \leq 3 \\ &\text{V} + \text{W} \leq 3 \\ &\text{Nb} + \text{Ta} \leq 1 \end{aligned}$$

$$15 \quad \begin{aligned} &\text{Si} + \text{Al} \leq 6 \\ &\text{O} + \text{N} + \text{S} + \text{P} + \text{B} \leq 0,1 \end{aligned}$$

estando constituido el resto de la composición por hierro e impurezas inevitables debidas a la elaboración,

20 entendiéndose además que los contenidos respetan las siguientes relaciones:

$$25 \quad \begin{aligned} &\text{Co} + \text{Si} - \text{Cr} \leq 27 \\ &\text{Si} + \text{Al} + \text{Cr} + \text{V} + \text{Mo} + \text{Ti} \geq 3,5 \\ &1,23(\text{Al} + \text{Mo}) + 0,84(\text{Si} + \text{Cr} + \text{V}) \geq 1,3 \\ &14,5(\text{Al} + \text{Cr}) + 12(\text{V} + \text{Mo}) + 25\text{Si} \geq 50 \end{aligned}$$

En modos de realización particulares, considerados sólo o en combinación, la aleación puede además incluir las siguientes características adicionales:

- 30 - la aleación Fe-Co es tal que: $10 \leq \% \text{Co} + \% \text{Ni} \leq 22$
 - la aleación Fe-Co es tal que: $1 \leq \text{Cr} \leq 5,5$
 - la aleación Fe-Co es tal que: $\text{Ni} \leq 1$
 - la aleación Fe-Co es tal que: $\text{AL} \leq 2$

35 En un modo de realización más concretamente preferido, la aleación según la invención presenta una composición en % en peso que comprende:

$$40 \quad \begin{aligned} &6 \leq \text{Co} + \text{Ni} \leq 22 \\ &\text{Si} \geq 0,2 \\ &0,5 \leq \text{Cr} \leq 6 \\ &\text{Ni} \leq 1 \\ &0,10 \leq \text{Mn} \leq 0,90 \end{aligned}$$

$$45 \quad \begin{aligned} &\text{Al} \leq 4 \\ &\text{Ti} \leq 0,1 \\ &\text{C} \leq 0,1 \\ &\text{Mo} \leq 3 \\ &\text{V} + \text{W} \leq 3 \\ &\text{Nb} + \text{Ta} \leq 1 \end{aligned}$$

$$50 \quad \begin{aligned} &\text{Si} + \text{Al} \leq 6 \\ &\text{O} + \text{N} + \text{S} + \text{P} + \text{B} \leq 0,1 \end{aligned}$$

estando constituido el resto de la composición por hierro e impurezas inevitables debidas a la elaboración,

55 entendiéndose además que los contenidos en silicio, aluminio, cobalto, cromo, vanadio, molibdeno, titanio y níquel respetan las siguientes relaciones:

$$60 \quad \begin{aligned} &\text{Co} + \text{Si} - \text{Cr} \leq 27 \\ &\text{Si} + \text{Al} + \text{Cr} + \text{V} + \text{Mo} + \text{Ti} > 3,5 \\ &1,23(\text{Al} + \text{Mo}) + 0,84(\text{Si} + \text{Cr} + \text{V}) \geq 1,3 \\ &14,5(\text{Al} + \text{Cr}) + 12(\text{V} + \text{Mo}) + 25\text{Si} \geq 50 \end{aligned}$$

La aleación según la invención puede ser conformada a partir de barra, hilo, placa o chapa laminada.

Puede, en particular, servir para la fabricación de un núcleo móvil de accionador electromagnético fabricado a partir de una barra o de un hilo o de una placa o de una chapa laminada.

5 Tal accionador electromagnético que incluye un núcleo móvil en aleación Fe-Co según la invención puede, en particular, utilizarse en un inyector para motor de explosión de regulación electrónica o incluso como accionador de válvula de motor de combustión interna de control electrónico.

10 Como se ha visto anteriormente, la aleación según la invención es una aleación de hierro y cobalto de escaso contenido en cobalto que incluye contenidos moderados de elementos de adición.

15 El contenido en cobalto, eventualmente substituido parcialmente por níquel, está comprendido entre 6 y 22% en peso con el fin de obtener una buena magnetización de saturación conservando al mismo tiempo una elevada resistividad. Es inferior al 22% en peso para reducir la cantidad de elementos de adición costosos conservando al mismo tiempo una buena saturación.

20 El contenido en níquel, que puede venir en sustitución parcial del cobalto, se mantiene sin embargo a menos de 4% ya que su presencia aumenta considerablemente el campo coercitivo de la aleación.

25 El contenido en silicio de la aleación según la invención es superior o igual al 0,2% en peso. Tal contenido mínimo permite obtener una buena resistencia mecánica R_m . Además, este elemento permite aumentar muy eficazmente el campo coercitivo de la aleación bajándolo significativamente. Se limita sin embargo la adición conjunta de aluminio y silicio al 6% para conservar en la aleación una buena aptitud a la transformación en caliente. Se prefiere además limitar este contenido acumulado a menos de 4% en peso con el fin de conservar en la aleación una buena aptitud a la transformación en frío.

30 El contenido en aluminio de la aleación según la invención es inferior o igual al 4% en peso. Este elemento tiene un papel similar al del silicio al favorecer la obtención de un bajo campo coercitivo. Se limita su adición al 4% ya que, si no, J_s se volvería demasiado baja. No permite sin embargo mejorar las propiedades mecánicas de la aleación.

35 El contenido en cromo de la aleación según la invención está comprendido entre 0,5 y 8% en peso. Este elemento esencial de la aleación permite extender el rango de adición del silicio, frente a la transformación en caliente y en frío, manteniendo al mismo tiempo las buenas propiedades de resistencia y de saturación. Se limita sin embargo su adición, ya que aumenta el campo coercitivo de la aleación.

40 El contenido en manganeso de la aleación según la invención es inferior o igual al 0,90% en peso. Este elemento se añade a razón de un 0,10% en peso para mejorar la aptitud a la transformación en caliente de la aleación. Se limita su contenido ya que es un elemento gammagénico y la aparición de la fase γ degradan fuertemente los resultados magnéticos.

45 El contenido en titanio de la aleación según la invención es inferior o igual al 1% en peso y preferiblemente menos del 0,1%, ya que este elemento forma fácilmente nitruros, ya sea durante la elaboración ya sea durante el recocido al aire o en amoníaco, nitruros que degradan fuertemente las propiedades magnéticas y son por lo tanto nefastos.

50 El contenido en molibdeno de la aleación según la invención es inferior o igual al 3% en peso. Este elemento puede añadirse para mejorar la resistividad eléctrica de la aleación, como complemento o en sustitución parcial del cromo.

55 El contenido en carbono de la aleación según la invención es inferior o igual al 1% en peso, y preferiblemente inferior o igual al 0,1% en peso. La presencia de carbono deteriora las propiedades magnéticas de la aleación y se reduce por lo tanto el contenido para evitar tal degradación.

60 El contenido acumulado en vanadio y tungsteno de la aleación según la invención es inferior o igual al 3% en peso. Estos elementos pueden añadirse para mejorar la resistividad eléctrica de la aleación, como complemento o en sustitución parcial del cromo.

65 El contenido acumulado en niobio y tantalio de la aleación según la invención es inferior o igual al 1% en peso. Estos elementos pueden añadirse para mejorar la ductilidad de la aleación y limitar así su fragilidad.

Por último, el contenido acumulado en oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo y boro se limita al 0,1% en peso, ya que estos elementos son oxidantes y tienden a formar precipitados muy desfavorables para las propiedades magnéticas y para la ductilidad mecánica del material. Tal limitación supone, en particular, que se fabrica la aleación según la invención a partir de materias primas de buena pureza.

Por otra parte, la aleación según la invención debe también respetar un cierto número de relaciones entre algunos de estos elementos. Así las cuatro ecuaciones siguientes deben respetarse:

ES 2 372 367 T3

$$\text{Co} + \text{Si} - \text{Cr} \leq 27 \quad (1)$$

$$\text{Si} + \text{Al} + \text{Cr} + \text{V} + \text{Mo} + \text{Ti} > 3,5 \quad (2)$$

$$1,23(\text{Al} + \text{Mo}) + 0,84(\text{Si} + \text{Cr} + \text{V}) \geq 1,3 \quad (3)$$

$$14,5(\text{Al} + \text{Cr}) + 12(\text{V} + \text{Mo}) + 25\text{Si} \geq 50 \quad (4)$$

La relación (1) permite, equilibrando el silicio y el cromo, garantizar una buena aptitud a la transformación en caliente y por lo tanto la ausencia de fracturas o de fisuras en la forja y la laminación.

- 5 La relación (2), en combinación con la relación (4), permite garantizar una resistividad eléctrica ρ_{el} elevada, y en particular superior a $50 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

10 La relación (3) representa un criterio de saturación que permite garantizar que la aleación según la invención presentará una magnetización de saturación J_s inferior a $2,2T$ de manera coherente con las adiciones de elementos no magnéticos necesarios para un requisito de fuerte dinámica de magnetización.

La relación (4), en combinación con la relación (2), permite garantizar una resistividad eléctrica ρ_{el} elevada, y en particular superior a $50 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

- 15 La fabricación de la aleación según la invención puede hacerse de manera clásica para este tipo de aleación. Así, los distintos elementos que constituyen la aleación pueden ser fundidos por inducción al vacío, luego colados en lingotes, tochos o losas. Éstos se forjan a continuación en caliente a temperaturas que van de 1000 a 1200 °C, y luego se laminan en caliente tras un recalentamiento a una temperatura superior o igual a 1150 °C, estando comprendida la temperatura del final de la laminación entre 800 y 1050 °C.

20 Las placas, barras o bandas laminadas en caliente así producidas pueden ser utilizadas tal cual o incluso laminadas en frío tras un decapado por empapamiento en uno o varios recipientes de ácido y recocidas.

- 25 Es también posible, con el fin de mejorar aún más la dinámica de magnetización de la aleación según la invención, hacer difundir bajo la superficie elementos depositados mediante cualquier procedimiento adaptado a la superficie de la pieza fabricada. Tales elementos pueden por ejemplo ser aluminio, silicio o cromo.

Ensayos

- 30 Las materias primas necesarias para la elaboración de la aleación fueron fundidas por inducción al vacío y coladas al vacío en lingotes de 50 kg. Los lingotes se forjaron a continuación en caliente entre 1000 y 1200 °C y luego se laminaron en caliente después de un recalentamiento a 1150 °C hasta un grosor de 4 a 5 mm para una temperatura de final de laminación en caliente de al menos 800 °C. Después de un decapado químico al ácido, las bandas o bien se caracterizan en el estado laminado en caliente mediante mecanización de probeta de tracción, de discos para
- 35 caracterización magnética, de muestras alargadas para medición de resistividad eléctrica, o bien se caracterizan después de una laminación en frío hasta el grosor de $0,6$ mm para el mismo tipo de extracción y de caracterización.

40 Según los casos, estos dos tipos de estado metalúrgico (estado laminado en caliente: LAC y laminado en frío: LAF) pueden caracterizarse tal cual o después de un recocido a 900 °C durante 4 horas bajo H_2 y enfriamiento rápido. Excepto indicación en contrario, todos los datos que siguen se obtuvieron después de laminación en frío y recocido.

La resistencia mecánica a la rotura R_m se mide sobre probeta de tracción después del recocido del laminado en caliente a 900 °C durante 4 horas bajo H_2 .

- 45 El comportamiento ante la corrosión T_{cor} se evalúa sobre superficie bruta de laminado en caliente, rectificada con el fin de tener una superficie propia y de muy baja rugosidad, y luego dejada a 20 °C en atmósfera de nebulización salina.

50 El ensayo de aptitud a la transformación en caliente o en frío fue realizado por simple observación de cantos no debilitados en las operaciones de laminación (en caliente, en frío) de los lingotes de ensayo.

Las composiciones de las coladas de ensayo se recogen en la tabla 1 posterior, entendiéndose que los contenidos acumulados de todos los ensayos en oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo y boro son inferiores al $0,1\%$ en peso y que el resto de las composiciones está constituido por hierro.

55

ES 2 372 367 T3

Tabla 1

Ensayo	%Co	%Ni	%Si	%Cr	%Mn	%Al	%Ti	%Mo	%V	%W	%Nb	%Ta
1	18	-	-	5	0,2	1	-	-	-	-	-	-
2*	18	-	0,5	5	0,2	0,5	0,02	-	-	-	-	-
3*	18	1	0,3	4,7	0,2	-	-	0,1	-	-	-	-
4*	18	2	0,3	4,7	0,2	-	-	-	0,15	-	-	-
5*	18	3	0,3	4,7	0,2	-	-	-	-	0,2	-	-
6	18	-	0,5	2,7	0,2	-	-	-	-	-	-	-
7*	18	-	1	3	0,2	-	-	-	-	-	0,03	-
8*	18	-	2	3	0,2	-	-	-	-	-	-	-
9*	18	-	3	3	0,2	-	-	-	-	-	-	-
10*	18	-	1	7	0,2	-	-	-	-	-	-	-
11*	18	-	2	7	0,2	-	-	-	-	-	-	-
12*	18	-	3	7	0,2	-	-	-	-	-	-	-
13*	18	-	4	7	0,2	-	-	-	-	-	-	-
14	18	-	3,46	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-
15	18	-	3,5	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-
16	18	-	0,55	2,87	0,2	-	-	-	-	-	-	-
17	18	-	1,04	2,11	0,2	-	-	-	-	-	-	-
18*	18	-	0,99	4,98	0,2	-	-	-	-	-	-	-
19*	18	-	2,05	5,18	0,2	-	-	-	-	-	-	-
20*	18	-	2,99	4,97	0,2	-	-	-	-	-	-	-
21*	18	-	3,96	4,9	0,2	-	-	-	-	-	-	-
22*	18	-	1	4	0,2	-	-	-	1	-	-	-
23*	18	-	3	4	0,2	-	-	-	1	-	-	-
24*	18	-	5	4	0,2	-	-	-	1	-	-	-
25	18	-	7	4	0,2	-	-	-	1	-	-	-
26*	18	-	4	5	0,2	-	-	-	-	-	-	0,2

*: ensayos según la invención

5 Los resultados de los ensayos se recogen en la tabla 2 a continuación:

Tabla 2

Ensayo	Js (T)	ρ_{el} ($\mu\Omega.cm$)	Hc (Oe)	Aptitud para LAC	Aptitud para LAF	Rm (MPa)	Tcor
1	2,06	63,5	3,79	Sí	Sí	480	++
2*	2,07	65	3,6	Sí	Sí	522	++
3*	2,11	56,4	16,6	Sí	Sí	505	++
4*	2,09	61,1	17,3	Sí	Sí	505	++
5*	2,07	61,7	22,2	Sí	Sí	506	++
6	2,17	46,8	0,91	Sí	Sí	520	++
7*	2,13	53,7	1,22	Sí	Sí	564	++
8*	2,08	63,4	0,8	Sí	Sí	648	++

ES 2 372 367 T3

9*	2,01	68,9	0,6	Sí	No	732	++
10*	2	71	18,7	Sí	Sí	563	++
11*	1,94	80,5	20,5	Sí	Sí	642	++
12*	1,88	90,4	15,7	Sí	No	730	++
13*	1,82	96,6	12,3	Sí	No	798	++
14	2,04	48,4	0,5	Sí	No	760	0
15	2,02	51	0,4	Sí	No	752	0
16	2,14	48	2,6	Sí	Sí	522	++
17	2,13	47	2,2	Sí	Sí	565	+
18*	2,01	68	5,15	Sí	Sí	567	++
19*	1,92	80,5	4,95	Sí	Sí	644	++
20*	1,88	86	3,15	Sí	Sí	730	++
21*	1,80	96,5	2,13	Sí	Sí	792	++
22*	2,11	52	3,51	Sí	Sí	566	++
23*	2,06	63,5	3,58	Sí	Sí	733	++
24*	2	75,7	2,59	Sí	Sí	850	++
25	1,85	98	1,7	No	NE	NE	NE
26*	1,81	88,7	3	Sí	No	797	++

*: ensayos según la invención, NE: no evaluado

Como se puede ver a partir de estos ensayos, la aleación según la invención permite reunir un conjunto de propiedades que no era accesible con la técnica anterior:

- 5 - un campo coercitivo H_c a 20 °C de moderado a escaso en los estados metalúrgicos tanto masivos (placa LAC de algunos mm de grosor) como finos (laminación en frío de 0,1 a 2 mm de grosor),
- una excelente ductilidad en la transformación en caliente o en frío del material,
- 10 - una resistividad eléctrica a 20 °C elevada, típicamente $> 50 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, conservando al mismo tiempo una magnetización de saturación a 20 °C de elevada a muy elevada, típicamente $> 1,75 \text{ T}$ y preferiblemente $> 1,9 \text{ T}$, y no pudiendo excederse 2,2 T debido a las adiciones necesarias para la gran dinámica de magnetización de la aleación,
- 15 - una resistencia a la tracción de al menos 500 MPa en el estado laminado en caliente con un grosor de al menos 2 mm,
- un comportamiento ante la corrosión satisfactorio,
- 20 - un coste de material limitado.

25 Como se ha visto anteriormente, una aplicación privilegiada de las aleaciones según la invención es la fabricación de núcleos para accionadores electromagnéticos, ya sean lineales o rotatorios. Tales accionadores compactos, dinámicos y robustos pueden utilizarse ventajosamente en inyectores de motores de explosión de inyección directa, en particular para motores diesel, y en piezas móviles de accionadores que controlan el movimiento de válvulas de motores de combustión interna.

REIVINDICACIONES

1. Aleación Fe-Co cuya composición comprende en % en peso:

5 $6 \leq \text{Co} + \text{Ni} \leq 22$
 $\text{Si} \geq 0,2$
 $0,5 \leq \text{Cr} \leq 8$
 $\text{Ni} \leq 4$
 $0,10 \leq \text{Mn} \leq 0,90$

10 $\text{Al} \leq 4$
 $\text{Ti} \leq 1$
 $\text{C} \leq 1$
 $\text{Mo} \leq 3$
 $\text{V} + \text{W} \leq 3$

15 $\text{Nb} + \text{Ta} \leq 1$
 $\text{Si} + \text{Al} \leq 6$
 $\text{O} + \text{N} + \text{S} + \text{P} + \text{B} \leq 0,1$

20 el resto de la composición que se constituye de hierro e impurezas inevitables debidas a la elaboración,
entendiéndose además que los contenidos respetan las siguientes relaciones:

$\text{Co} + \text{Si} - \text{Cr} \leq 27$
 $\text{Si} + \text{Al} + \text{Cr} + \text{V} + \text{Mo} + \text{Ti} \geq 3,5$
25 $1,23(\text{Al} + \text{Mo}) + 0,84(\text{Si} + \text{Cr} + \text{V}) \geq 1,3$
 $14,5(\text{Al} + \text{Cr}) + 12(\text{V} + \text{Mo}) + 25\text{Si} \geq 50$

2. Aleación Fe-Co según la reivindicación 1, en la cual:

30 $10 \leq \% \text{Co} + \% \text{Ni} \leq 22$

3. Aleación Fe-Co según una u otra de las reivindicaciones 1 ó 2, en la cual:

35 $1 \leq \text{Cr} \leq 5,5$

4. Aleación Fe-Co según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la cual:

$\text{Ni} \leq 1$

40 5. Aleación Fe-Co según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la cual:

$\text{Al} \leq 2$

45 6. Aleación según la reivindicación 1, cuya composición en % en peso comprende:

$6 \leq \text{Co} + \text{Ni} \leq 22$
 $\text{Si} \geq 0,2$
 $0,5 \leq \text{Cr} \leq 6$
 $\text{Ni} \leq 1$
50 $0,10 \leq \text{Mn} \leq 0,90$

$\text{Al} \leq 4$
 $\text{Ti} \leq 0,1$
 $\text{C} \leq 0,1$
 $\text{Mo} \leq 3$

55 $\text{V} + \text{W} \leq 3$
 $\text{Nb} + \text{Ta} \leq 1$
 $\text{Si} + \text{Al} \leq 6$
 $\text{O} + \text{N} + \text{S} + \text{P} + \text{B} \leq 0,1$

60 estando constituido el resto de la composición por hierro e impurezas inevitables debidas a la elaboración,

entendiéndose además que los contenidos en silicio, aluminio, cobalto, cromo, vanadio, molibdeno, titanio y níquel respetan las siguientes relaciones:

ES 2 372 367 T3

$$\text{Co} + \text{Si} - \text{Cr} \leq 27$$

$$\text{Si} + \text{Al} + \text{Cr} + \text{V} + \text{Mo} + \text{Ti} > 3,5$$

$$1,23(\text{Al} + \text{Mo}) + 0,84(\text{Si} + \text{Cr} + \text{V}) \geq 1,3$$

$$14,5(\text{Al} + \text{Cr}) + 12(\text{V} + \text{Mo}) + 25\text{Si} \geq 50$$

- 5 7. Barra, hilo, placa o chapa laminada en aleación Fe-Co según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
8. Accionador electromagnético que comprende un núcleo móvil fabricado a partir de una barra o de un hilo o de una placa o de una chapa laminada según la reivindicación 7.
- 10 9. Uso de un accionador electromagnético según la reivindicación 8, en un inyector para motor de explosión de regulación electrónica.
- 15 10. Uso de un accionador electromagnético según la reivindicación 8, en un inyector para motor de combustión interna de control electrónico.