

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 509**

51 Int. Cl.:

C22C 37/04 (2006.01)

C22C 33/08 (2006.01)

C22C 37/08 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

B22D 27/04 (2006.01)

C22C 37/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.09.2015 PCT/EP2015/071109**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.03.2016 WO16041971**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2015 E 15763023 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 3194632**

54 Título: **Aleación de hierro fundido, pieza y procedimiento de fabricación correspondientes**

30 Prioridad:

15.09.2014 FR 1458657

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

12.12.2018

73 Titular/es:

**FERRY CAPITAIN (100.0%)
Bussy
52300 Vecqueville, FR**

72 Inventor/es:

PRUNIER, JEAN-BAPTISTE

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 693 509 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 de hierro fundido, pieza y procedimiento de fabricación correspondientes

5 **[0001]** La presente invención se refiere a una aleación de hierro fundido.

[0002] Se conoce en el estado de la técnica unas herramientas realizadas en fundición para fabricar unas piezas de materia compuesta de fibras de carbono y resina o de materia termoplástica. Estas piezas de material compuesto carbono/resina son moldeadas a una temperatura que va habitualmente hasta 250 °C.

10

[0003] Las herramientas deben tener un coeficiente reducido de dilatación térmica o un coeficiente de dilatación térmica próximo al del material o de la materia que se va a moldear en la gama de temperatura utilizada para la formación.

15 **[0004]** Para las temperaturas de formación más allá de 250 °C, existen unas herramientas fabricadas únicamente en mecano-soldado.

[0005] Para las temperaturas de formación que van hasta 250 °C con unas herramientas realizadas en fundición, existe un cierto número de aleaciones que tienen un coeficiente de dilatación térmica aceptable, lo que no es el caso para las temperaturas más elevadas.

20

[0006] Especialmente, ciertas materias termoplásticas (poliimidadas por ejemplo) y compuestos que contienen estos mismos termoplásticos necesitan unas temperaturas más elevadas. Aumentar la temperatura de formación permite igualmente en ciertos casos disminuir la duración de un ciclo de producción.

25

[0007] Actualmente, existen unas aleaciones realizadas en fundición para las herramientas que permiten conservar un coeficiente de dilatación estable hasta 250 °C. Existen igualmente unas chapas que permiten conservar un coeficiente de dilatación estable hasta 400 °C. Se conoce una aleación de hierro fundido Ceramvar con grafito esferoidal o con grafito laminar que comprende, en % de peso, los elementos siguientes: Carbono (C) entre 0,05 %, Silicio (Si) 0,30 %, Níquel (Ni) entre 28,5 % y 29,5 %, Cobalto (Co) entre 19,5 % y 20,5 %, Manganeso (Mn) 0,50 % y/o Fósforo (P) 0,020 y/o Azufre (S) 0,020. Se conocen igualmente unas herramientas de acero utilizadas para fabricar unas piezas de material compuesto o de materia termoplástica. Estas herramientas tienen, sin embargo, un espesor de pared relativamente importante, dado que el acero es susceptible de contener unos defectos estructurales (rechupes) cuando las herramientas están fabricadas con un espesor reducido.

30

[0008] La invención tiene como objeto permitir la fabricación por moldeo de una pieza de hierro fundido cuya dilatación térmica es reducida para unas temperaturas elevadas y especialmente que van hasta 400 °C y cuyo coeficiente de dilatación permanece estable hasta estas temperaturas altas.

40 **[0009]** En particular, la invención tiene como objeto concebir una elación que permita la fabricación de una herramienta que tiene un coeficiente de dilatación reducido y estable, incluido a unas temperaturas elevadas. También, la invención tiene como objeto concebir una aleación que permita la fabricación de tal herramienta que tiene un espesor de pared reducido a la vez que tiene sin duda pocos defectos estructurales.

45 **[0010]** A tal efecto, la invención tiene como objeto una aleación de hierro fundido con grafito esferoidal o con grafito laminar que consisten en, en % de peso, los elementos siguientes: Carbono (C) entre 1,2 % y 3,5 %, Silicio (Si) entre 1,0 % o 1,2 % y 3 %, Níquel (Ni) entre 26 % y 31 %, Cobalto (Co) entre 15 % y 20 %. Opcionalmente, la aleación comprende: Magnesio (Mg) entre 0,02 % y 0,10 %, Manganeso (Mn) ≤ 1,5 %, Cromo (Cr) ≤ 0,5 % y/o Fósforo (P) ≤ 0,12 o ≤ 0,04 % y/o Azufre (S) ≤ 0,11 o ≤ 0,03 %, y/o Molibdeno (Mo) ≤ 0,5 %, y/o Cobre (Cu) ≤ 0,5 %, siendo el resto hierro y unas impurezas inevitables.

50

[0011] Según unos modos particulares de realización, la aleación puede constar de una o varias de las características siguientes:

- 55 - el contenido de Níquel (Ni) es al menos del 27 % o 28 % y/o como máximo del 30 %;
 - el contenido de Cobalto (Co) es al menos del 16 % y/o como máximo del 18 % o 19 %;
 - la aleación comprende Carbono (C) al menos del 1,4 % o 1,5 % y como máximo del 3,1 % o el 3,3 % y/o Silicio (Si) al menos del 1,4 % o 1,5 % y como máximo del 2,6 % o 2,8 %;
 - el contenido de Manganeso (Mn) es al menos del 0,01 % y/o como máximo del 1,0 %;

- el contenido de Cobre (Cu) es como máximo del 0,2 %, 0,3 % o 0,4 %;
- el contenido de Molibdeno (Mo) es como máximo del 0,2 %, 0,3 % o 0,4 %;
- el contenido de Cromo (Cr) es como máximo del 0,3 %, 0,4 % o 0,5 %.

- 5 **[0012]** La invención tiene igualmente como objeto una pieza fabricada en una aleación de hierro fundido, tal como se ha definido más arriba y, especialmente, siendo la pieza una herramienta.
- [0013]** La invención se refiere igualmente a un procedimiento de fabricación de una pieza tal como se ha definido más arriba, caracterizado porque consta de las etapas siguientes:
- 10 - Fundición de la pieza en un molde,
- Una vez que la pieza se ha fundido en el molde, someter a la pieza a una refrigeración en su molde, siendo esta refrigeración especialmente inferior a 50 °C/h.
- 15 **[0014]** La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que aparece a continuación, dada únicamente a título de ejemplo y realizada en referencia a la figura única en la que se representa el comportamiento de dilatación térmica de tres aleaciones, por medio de la evolución de su coeficiente de dilatación térmica en función de la temperatura.
- 20 **[0015]** La invención tiene como objeto una aleación de hierro fundido. Permite obtener unas piezas cuyo coeficiente de dilatación térmico es reducido y estable hasta una temperatura de 400 °C.
- [0016]** La pieza es, por ejemplo, una herramienta, en particular una herramienta para fabricar unas piezas de material compuesto o de materia termoplástica.
- 25 **[0017]** Todas las indicaciones de composición son dadas a continuación en % en peso del peso total de aleación.
- [0018]** Un primer aspecto de la invención es la composición química de la aleación.
- 30 **[0019]** La aleación es una aleación de fuente. La aleación puede ser una aleación de fuente con grafito esferoidal o con grafito laminar.
- [0020]** Su componente de base es el Hierro (Fe). Consta también de unas impurezas inevitables que resultan de la elaboración.
- 35 **[0021]** La aleación comprende, además del Fe, carbono (C) entre el 1,2 % y el 3,5 %, Silicio (Si) entre el 1 % y el 3 %, Níquel (Ni) entre el 26 % y el 31 % y Cobalto (Co) entre el 15 % y el 20 %.
- 40 **[0022]** Además, la aleación puede comprender Magnesio (Mg) entre el 0,02 % y 0,10 %.
- [0023]** Además, la aleación puede comprender manganeso (Mn) hasta el 1,5 % o hasta el 0,8 %.
- [0024]** Además, la aleación puede comprender cromo (Cr), con un contenido comprendido entre unos restos y el 0,5 %.
- 45 **[0025]** Además, la aleación puede comprender fósforo (P), con un contenido comprendido entre unos restos y el 0,04 % o entre unos restos y el 0,12 %.
- 50 **[0026]** Además, la aleación puede comprender azufre (S), con un contenido comprendido entre unos restos y el 0,03 % o entre unos restos y el 0,11 %.
- [0027]** Además, la aleación puede comprender molibdeno (Mo), con un contenido comprendido entre unos restos y el 0,5 %.
- 55 **[0028]** Además, la aleación puede comprender cobre (Cu), con un contenido comprendido entre unos restos y el 0,5 %.
- [0029]** El contenido de Níquel (Ni) de la aleación puede estar comprendido de preferencia entre al menos el

27 % o el 28 % y, como máximo, el 30 %.

[0030] El contenido de Cobalto (Co) de la aleación puede estar comprendido de preferencia entre al menos el 16 % y, como máximo, el 18 % o el 19 %.

5

[0031] El contenido de Carbono (C) de la aleación puede estar comprendido de preferencia entre al menos el 1,4 % o el 1,5 % y, como máximo, el 3,1 % o el 3,3 %.

[0032] El contenido de Silicio (Si) de la aleación puede estar comprendido de preferencia entre al menos el 1,4 % o el 1,5 % y, como máximo, el 2,6 % o el 2,8 %.

10

[0033] El contenido de Manganeso (Mn) de la aleación puede estar comprendido de preferencia entre al menos el 0,01 % y/o, como máximo, el 1,0 %.

[0034] El contenido de Cobre (Cu) de la aleación puede ser de preferencia inferior al 0,2 %, 0,3 % o 0,4 %.

15

[0035] El contenido de Molibdeno (Mo) de la aleación puede ser de preferencia inferior al 0,2 %, 0,3 % o 0,4 %.

[0036] Se conoce una aleación a base de hierro con coeficiente de dilatación reducido que es el Fe-Ni36 (denominación comercial INVAR ®). Es un acero desarrollado a finales del siglo XIX. Consta del 36 % de níquel y de hierro. La curva que representa el coeficiente de dilatación de las aleaciones hierro/níquel presenta una anomalía en los alrededores del 36 % de níquel: el coeficiente de dilatación es entonces más reducido que para las otras composiciones. Esto es válido para unas temperaturas reducidas, hasta 130 °C.

20

[0037] Diversas aleaciones se han desarrollado a continuación a partir de esta base, especialmente con el cobalto como elemento de adición. Por ejemplo, la aleación hierro/níquel/cobalto con el 32 % de níquel y el 5,5 % de cobalto tiene un coeficiente de dilatación más bajo que el INVAR ® y, sobre todo, mantiene esta propiedad a unas temperaturas más elevadas.

25

[0038] En hierro fundido, existe la misma anomalía que en el acero, no obstante el coeficiente de dilatación es un poco más elevado. La Ni-Resist D5 (ASTM A439) al 35 % de níquel (permanece hierro) tiene especialmente un coeficiente de dilatación bajo: $5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

30

[0039] A continuación, como de acero, se han desarrollado otras aleaciones, añadiendo unos elementos de adiciones tales como el cobalto. Así, el Ferrynox N33 ® (33 % de níquel, 4 % de cobalto) permite obtener un coeficiente de dilatación reducido y una estabilidad ($4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) hasta 180 °C. El Ferrynox N36 ® (36 % níquel, 4 % cobalto) tiene un coeficiente de dilatación más elevado ($4,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), pero que permanece estable hasta 250 °C. Las apariencias del coeficiente de dilatación térmica en función de la temperatura de las dos aleaciones FerrynoxN36 y FerrynoxN33 se ilustran en la figura única.

40

[0040] Según unos ejemplos, la aleación comprende además hierro (Fe) y las impurezas inevitables, únicamente los elementos siguientes, en los límites indicados:

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Mg	Co
Mini	1,2	1,2	restos	restos	restos	restos	26	restos	restos	0,02	15
Maxi	3,5	3	1,5	0,04	0,03	0,5	31	0,5	0,5	0,1	20
Ejemplo 1	1,9	1,64	0,12	0,014	restos	0,03	29,44	restos	0,017	0,06	16,96
Ejemplo 2	1,9	1,63	0,12	0,014	0,006	0,03	29,06	0,002	0,02	0,04	17,49

45

[0041] Esta aleación es un hierro fundido con grafito esferoidal.

[0042] El coeficiente de dilatación térmica del Ejemplo 1, indicado con el nombre Ferrynox N29K en la figura, comparado con unos coeficientes de dilatación térmica de las dos aleaciones del estado de la técnica (Ferrynox N33 y Ferrynox N36) se indica en la figura única.

50

[0043] El coeficiente de dilatación térmica del Ejemplo 1 es inferior a $6,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ para una temperatura inferior a 400 °C. Igualmente, el coeficiente de dilatación térmica es relativamente estable en un gran intervalo de

temperaturas. Está comprendido entre $6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ y $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ en todo el intervalo que va de 150 °C a 400 °C. Las características mecánicas de la muestra son las siguientes:

	Límite elástico Re (MPa)	Límite de ruptura Rm (MPa)	Alargamiento después de ruptura A%
a 20 °C	298	483	28,4
a 200 °C	214	380	29,8
a 300 °C	146	350	30
a 400 °C	166	341	30,5
a 450 °C	156	336	30,9

5 **[0044]** Otro aspecto de la aleación según la invención es que es soldable.

[0045] Según otro modo de realización, la aleación comprende, además de hierro (Fe) y las impurezas inevitables únicamente los elementos siguientes en los límites indicados:

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Co
Mini	1,2	1	restos	restos	restos	restos	26	restos	restos	15
Maxi	3,5	3	1,5	0,12	0,11	0,5	31	0,5	0,5	20
Ejemplo	1,9	1,7	0,45	0,04	0,07	0,03	28,96	0,002	0,02	17,54

10

[0046] En este caso, la aleación es un hierro fundido con grafito laminar.

[0047] Un segundo aspecto de la invención es una pieza fabricada en una aleación tal como se ha definido más arriba. La pieza es especialmente una herramienta. La herramienta puede comprender solamente unas porciones en la aleación según la invención o estar constituida por completo de esta aleación. Generalmente, al menos la superficie de forma de la herramienta está constituida por la aleación según la invención.

[0048] De preferencia, la herramienta tiene un espesor de pared mínimo que es inferior a 50 mm.

20 **[0049]** Un tercer aspecto de la invención es el procedimiento de fabricación de una pieza en una aleación según la invención.

[0050] En primer lugar, la pieza, por ejemplo una herramienta, se funde en un molde.

25 **[0051]** Una vez que la pieza se ha fundido en el molde, se somete a una refrigeración, especialmente lenta, en su molde. El término «lento» significa inferior a 50 °C/h, especialmente en toda la duración de refrigeración entre la fundición de la pieza y la solidificación.

[0052] Tras la etapa de refrigeración, la pieza puede ser tratada térmicamente, por ejemplo por recocido.

30

[0053] La aleación se utiliza especialmente para la fabricación de herramientas utilizadas a continuación para la fabricación de piezas compuestas, por ejemplo de materia termoplástica y fibras de carbón. El campo técnico puede ser la aeronáutica.

35 **[0054]** Según otros aspectos de la invención, la aleación puede comprender uno o varios de los contenidos siguientes:

- Silicio (Si) entre el 1,2 % y el 3 %, y/o

- Fósforo (P) $\leq 0,04$ %, y/o

40 - Azufre (S) $\leq 0,03$ %.

REIVINDICACIONES

1. Aleación de hierro fundido con grafito esferoidal o con grafito laminar que consta, en % de peso, de los elementos siguientes:
- 5
- Carbono (C) entre el 1,2 % y el 3,5 %,
 - Silicio (Si) entre el 1,0 % y el 3 %,
 - Níquel (Ni) entre el 26 % y el 31 %,
 - Cobalto (Co) entre el 15 % y el 20 %,
- 10
- opcionalmente:
- Magnesio (mg) entre el 0,02 % y el 0,10 %,
 - Manganeso (Mn) $\leq 1,5$ %,
- 15
- Cromo (Cr) $\leq 0,5$ %, y/o
 - Fósforo (P) $\leq 0,12$ o $\leq 0,04$ %, y/o
 - Azufre (S) $\leq 0,11$ o $\leq 0,03$ %, y/o
 - Molibdeno (Mo) $\leq 0,5$ %, y/o
 - Cobre (Cu) $\leq 0,5$ %,
- 20
- siendo el resto hierro y unas impurezas inevitables.
2. Aleación según la reivindicación 1, en la que el contenido de Níquel (Ni) es al menos del 27 % o 28 % y, como máximo, del 30 %.
- 25
3. Aleación según las reivindicaciones 1 o 2, en la que el contenido de Cobalto (Co) es al menos del 16 % y/o, como máximo, del 18 % o 19 %.
4. Aleación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende:
- 30
- Carbono (C) al menos 1,4 % o 1,5 % y, como máximo, 3,1 % o 3,3 %, y/o
 - Silicio (Si) al menos 1,4 % o 1,5 % y, como máximo, 2,6 % o 2,8 %.
5. Aleación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el contenido de: Manganeso
- 35 (Mn) es al menos del 0,01 % y/o, como máximo, del 1,0 %.
6. Aleación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el contenido de: Cobre (Cu) es, como máximo, del 0,2 %, 0,3 % o 0,4 %.
- 40
7. Aleación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el contenido de: Molibdeno (Mo) es, como máximo, del 0,2 %, 0,3 % o 0,4 %.
8. Aleación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el contenido de: Cromo (Cr) es, como máximo, del 0,3 %, 0,4 % o 0,5 %.
- 45
9. Pieza fabricada en una aleación de hierro fundido, **caracterizada porque** la aleación es una aleación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores y, especialmente, siendo la pieza una herramienta.
10. Procedimiento de fabricación de una pieza según la reivindicación 9 **caracterizado porque** consta de
- 50 las etapas siguientes:
- Fundición de la pieza en un molde,
 - Una vez que se ha fundido la pieza en el molde, se somete a la pieza a una refrigeración en su molde, siendo esta refrigeración especialmente inferior a 50 °C/h.
- 55

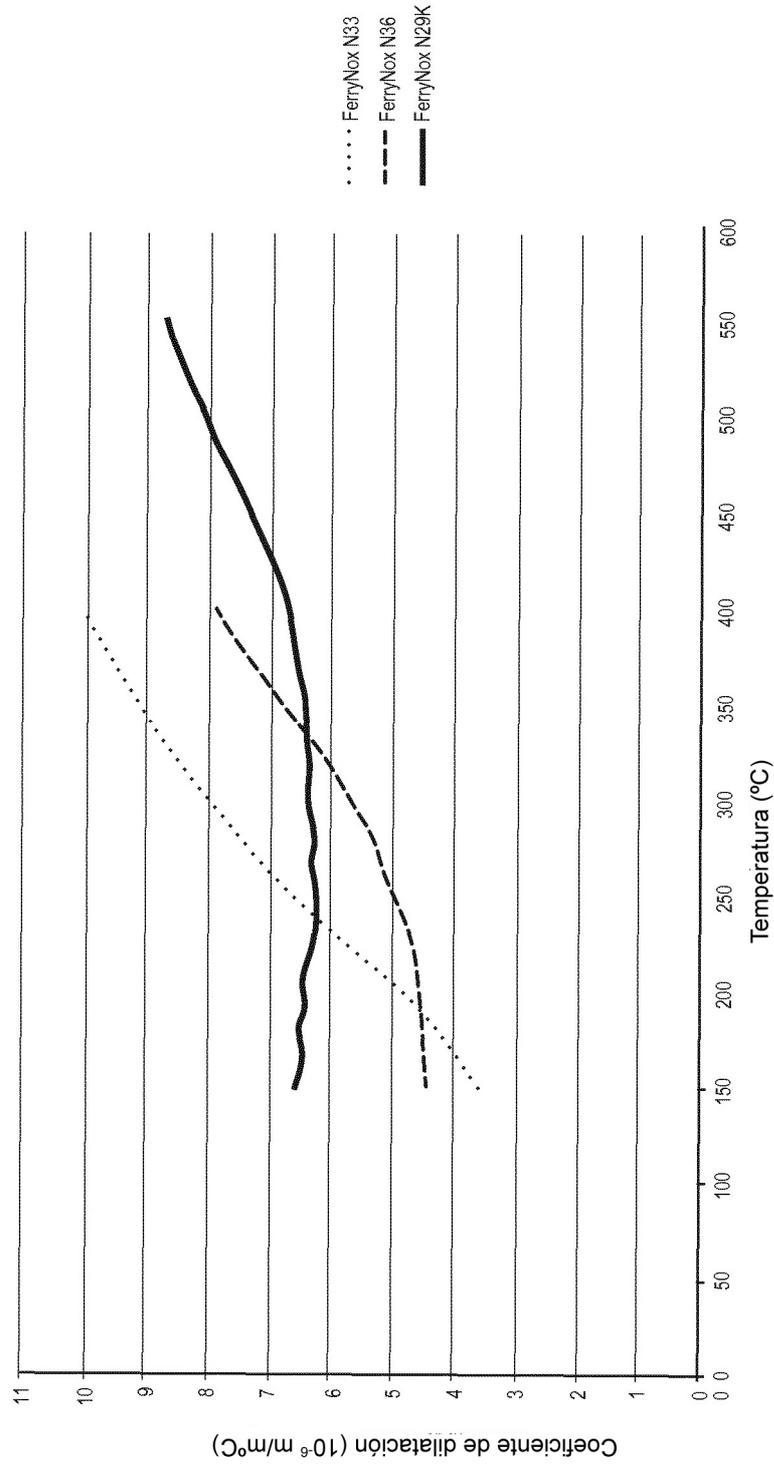


Fig.1