

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 997 782**

51 Int. Cl.:

C22C 38/02 (2006.01)

C21D 6/02 (2006.01)

C21D 6/00 (2006.01)

C22C 38/50 (2006.01)

C22C 38/44 (2006.01)

C22C 38/42 (2006.01)

C22C 38/06 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/40 (2006.01)

C21D 1/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2018** **PCT/EP2018/085765**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2019** **WO19121866**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2018** **E 18826318 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2024** **EP 3728674**

54 Título: **Procedimiento para producir un objeto a partir de acero martensítico**

30 Prioridad:

22.12.2017 DE 102017131219

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

18.02.2025

73 Titular/es:

**VOESTALPINE BÖHLER EDELSTAHL GMBH & CO KG (100.00%)
Mariazellerstraße 25
8605 Kapfenberg, AT**

72 Inventor/es:

**SCHNITZER, RONALD y
LEITNER, HARALD**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 997 782 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

Procedimiento para producir un objeto a partir de acero martensítico

La presente invención se refiere a un procedimiento para producir un objeto hecho de acero martensítico según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un objeto hecho de acero martensítico. Otro aspecto de la invención se refiere a un acero martensítico.

En el caso de los llamados aceros martensíticos, se trata de aceros cuya aleación casi no contiene carbono.

Los aceros martensíticos son, por un lado, muy resistentes y, por otro lado, tienen buena tenacidad con buenas propiedades de procesamiento y soldadura. Se utilizan como aceros para herramientas a temperaturas elevadas, por ejemplo, utilizado para fundición a presión o moldeo por inyección de herramientas de formas difíciles, es decir, herramientas de plástico en su conjunto, así como para la producción de cuchillos y hojas para esgrima deportiva.

Los ejemplos de aceros martensíticos incluyen los aceros para trabajo en caliente 1.2709 y 1.6356. Del documento DE 603 19 197 T2, se conoce un acero martensítico que contiene como máximo un 0,01 % de C, entre un 8 y un 22 % de níquel, entre un 5 y un 20 % de cobalto, entre un 2 y un 9 % de molibdeno, entre un 0 y un 2 % de titanio, como máximo un 1,7 % de aluminio, entre 0 y 10 ppm de magnesio, menos de 10 ppm de oxígeno, menos de 15 ppm de nitrógeno, resto de hierro e impurezas aleatorias, en donde este acero martensítico contiene inclusiones de nitruro con una longitud máxima de 15 μm e inclusiones de óxido con una longitud máxima de 20 μm , en donde las inclusiones de óxido contienen inclusiones de tipo espinela, y el aluminio contiene inclusiones de óxido, y la proporción de inclusiones de tipo espinela con una longitud de al menos al menos 10 μm en el contenido total de las inclusiones del tipo espinela con una longitud de al menos 10 μm y Al_2O_3 con una longitud de 10 μm es mayor que 0,33. Con ello se pretende tener en cuenta la tarea de reducir significativamente las inclusiones no metálicas.

Del documento EP 1 222 317 B1, se conoce un acero inoxidable de fácil mecanización de alta resistencia, en donde este se fabrica mediante pulvimetalurgia y debe contener una aleación de acero inoxidable endurecible por precipitación, conteniendo esta aleación como máximo un 0,03 % de carbono, como máximo un 1 % de manganeso, como máximo un 0,75 % de silicio, como máximo un 0,04 % de fósforo, 0,01 al 0,05 % de azufre, 10 al 14 % de cromo, 6 al 12 % de níquel, como máximo 6 % de molibdeno, como máximo un 4 % de cobre, 0,4 al 2,5 % de titanio y otras pequeñas aleaciones, siendo el resto hierro y las impurezas habituales, a partir de los cuales se debe elaborar un producto pulvimetalúrgico que debe contener una fina dispersión de diminutas partículas de sulfuro, cuya dimensión principal no supera los 5 μm . También se puede hacer un alambre con esto.

Del documento EP 0 607 263 B1, se conoce un acero martensítico endurecible por precipitación que, además de los metales menos aleados habituales, contiene del 10 al 14 % de cromo, del 7 al 11 % de níquel, del 2,5 al 6 % de molibdeno y del 0,5 al 4 % de cobre, en este caso, puede estar contenido hasta el 9 % de cobalto, y el resto consiste en hierro e impurezas comunes.

Del documento EP 2 631 432 B1, se conocen un rotor de turbina de vapor, una turbina de vapor correspondiente y una planta de energía de turbina, siendo el rotor de turbina de vapor una pala larga desfasada a baja presión de turbina de vapor que está formada a partir de un acero inoxidable martensítico endurecido por precipitación que contiene menos del 0,1 % de carbono y 9 al 14 % de cromo y 9 al 14 % de níquel, 0,5 al 2,5 % de molibdeno, 0,5 % o menos de silicio.

Los documentos JPH02310339A y US6238455B1 también describen composiciones de acero martensítico endurecibles por precipitación.

El objetivo de la invención es crear un procedimiento para producir un objeto a partir de acero martensítico, en el que sea posible una relación dureza-tenacidad óptima.

La tarea se resuelve con las características de la reivindicación 1.

En las reivindicaciones subordinadas, se identifican perfeccionamientos ventajosos.

Otro objeto de la invención es proporcionar un acero martensítico en el que sea posible una relación dureza-tenacidad óptima.

El problema se resuelve con acero martensítico con las características de la reivindicación 5.

Otro objeto es crear un artículo a partir de un acero martensítico en el que se permita una relación dureza-tenacidad óptima.

El objeto se soluciona con un objeto que tiene las características de la reivindicación 6.

En las reivindicaciones subordinadas, se identifican perfeccionamientos ventajosos.

En el caso de los aceros martensíticos según el estado de la técnica, se puede conseguir una alta dureza o una alta tenacidad. Una alta tenacidad es posible, en particular, si el envejecimiento permite una alta proporción de austenita reconvertida. Sin embargo, esta proporción de austenita reconvertida influye, a su vez, negativamente en la dureza máxima que se puede alcanzar.

5

De acuerdo con la invención, se ha encontrado un concepto de aleación que, además de tener una alta dureza, también permite una alta tenacidad.

De acuerdo con la invención, se utiliza un concepto de aleación que se basa esencialmente en níquel, aluminio, titanio y silicio como elementos endurecedores.

10

Para equilibrar la dureza, la resistencia y la tenacidad de la aleación a un alto nivel, la atención se centró en dos puntos, a saber, aumentar los valores de dureza y resistencia modificando las densidades y tipos de precipitación. Para ello, se aumentó según la invención el contenido de aluminio y titanio en los elementos formadores de precipitados.

15

Para aumentar la tenacidad, se aumentó la proporción de austenita reconvertida, lo que se consiguió aumentando el contenido de níquel.

La invención se refiere, así, a un procedimiento para producir un objeto a partir de un acero martensítico, sometándose sucesivamente el objeto a un tratamiento térmico de recocido en solución y de envejecimiento, teniendo el acero la siguiente composición en % en masa:

C = 0,01-0,05

20

Si = 0,4-0,8

Mn = 0,1-0,5

Cr = 12,0-13,0

Ni = 9,5-10,5

Mo = 0,5-1,5

25

Ti = 0,5-1,5

Al = 0,5-1,5

Cu = 0,0-0,05

30

Hierro residual e impurezas causadas por la fusión, en donde el material se lleva a la forma deseada y luego se recuece en solución a 900-1000 °C, en donde el material se recuece en solución durante 0,5 a 1,5 horas, en donde el material después del recocido se deja envejecer en solución a 475 °C-525 °C, y en donde el tiempo de envejecimiento es de dos a seis horas.

En una forma de realización ventajosa, está previsto que el material de acero se funda en el horno de inducción al vacío, se vuelva a fundir con ESU o VLBO y luego se moldee.

35

En una forma de realización ventajosa, está previsto que el material después del recocido en solución y el envejecimiento presente una dureza > 50 HRC.

En una forma de realización ventajosa, está previsto que el material después del envejecimiento a una temperatura de 525 °C tenga un contenido de austenita reconvertida de entre el 4 y el 8 % en volumen, en particular del 5 al 7,5 % en volumen.

40

Un aspecto adicional de la invención se refiere a un acero martensítico, caracterizado porque tiene la siguiente composición en % en masa:

C = 0,01-0,05

Si = 0,4-0,8

Mn = 0,1-0,5

Cr = 12,0-13,0

45

Ni = 9,5-10,5

Mo = 0,5-1,5

Ti = 0,5-1,5

Al = 0,5-1,5

Cu = 0,0-0,05

5 Hierro residual e impurezas provocadas por la fusión.

Un aspecto adicional de la invención se refiere a un artículo fabricado a partir de acero martensítico utilizando un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el acero tiene una composición en % en masa:

C = 0,01-0,05

10 Si = 0,4-0,8

Mn = 0,1-0,5

Cr = 12,0-13,0

Ni = 9,5-10,5

Mo = 0,5-1,5

15 Ti = 0,5-1,5

Al = 0,5-1,5

Cu = 0,0-0,05

hierro residual e impurezas provocadas por la fusión.

20 En una forma de realización ventajosa, está previsto que presente una dureza >50 HRC y una proporción de austenita reconvertida del 4 al 8 % en volumen, en particular del 5 al 7,5 % en volumen.

La invención se explica mediante un dibujo a modo de ejemplo. En él:

La Figura 1 muestra la influencia del contenido de titanio;

La Figura 2 muestra la influencia del contenido de molibdeno;

25 La Figura 3 muestra un plan de tiempo/temperatura para un tratamiento térmico, que consiste en un proceso de disolución-enjuague seguido de un enfriamiento por aire a temperatura ambiente y un proceso de envejecimiento;

La Figura 4 muestra el diagrama de fases del hierro-níquel en equilibrio;

La Figura 5 muestra la histéresis de las temperaturas de transformación de martensita y austenita durante el calentamiento y enfriamiento;

30 La Figura 6 muestra la Tabla 1 que indica la composición química de los aceros según la invención;

La Figura 7 muestra la Tabla 2 que indica otra composición de un polvo según la invención;

La Figura 8 muestra la dureza depende de la temperatura de envejecimiento de diferentes aleaciones;

La Figura 9 muestra el contenido de austenita depende de la temperatura de envejecimiento de las diferentes aleaciones.

35 A continuación se enumeran los elementos de aleación más importantes y su influencia en la microestructura y las propiedades de los aceros martensíticos y en particular de la invención.

Níquel (Ni):

40 El níquel es el elemento de aleación más importante en los aceros martensíticos. Dado que el contenido de C en las aleaciones martensíticas es bajo, la adición de Ni a Fe da como resultado la formación de una martensita cúbica de Fe-Ni. Además, controlar el contenido de Ni es importante porque el Ni es un elemento estabilizador de la austenita y, por lo tanto, el Ni es crucial para la formación de austenita reconvertida. El Ni forma

precipitados intermetálicos con numerosos elementos como Al, Ti y Mn y, por lo tanto, desempeña otro papel crucial como elemento formador de precipitados.

Aluminio (Al):

- 5 El aluminio se añade a los aceros martensíticos como elemento precipitado. Aumenta la solidificación de soluciones sólidas y forma precipitados intermetálicos, especialmente con Ni. Un mayor contenido de Al puede provocar la presencia de δ -ferrita en la microestructura, lo que tiene un efecto adverso sobre las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión.

Titanio (Ti):

- 10 El titanio parece ser uno de los elementos más activos de los aceros martensíticos. Precipita durante el envejecimiento y puede considerarse como el elemento de aleación más importante para la formación de precipitados en aceros martensíticos. Se utilizó como elemento formador de precipitados en los primeros aceros martensíticos desarrollados, así como en los complejos sistemas de aleaciones actuales.

- 15 La mayor ventaja es la rápida precipitación; por ejemplo, el titanio es mucho más activo que el Mo en los aceros martensíticos tipo C y T en las primeras etapas de precipitación. En la Figura 1, se puede observar la enorme influencia del contenido de Ti en la resistencia a la tracción de los aceros martensíticos que contienen un 18 % de Ni y Co. Además, se añade Ti en pequeñas cantidades a los aceros martensíticos sin Ti para formar carburos. El objetivo es unir el carbono C para que ningún otro elemento excretor pueda formar carburos.

La influencia del contenido de Ti se puede ver en la Figura 1.

Molibdeno (Mo):

- 20 Al aumentar el contenido de Mo, se puede observar un aumento en la dureza después del envejecimiento (Figura 2), ya que el Mo forma compuestos intermetálicos con Ni. El comportamiento de excreción de Mo está fuertemente influenciado por otros elementos, particularmente el cobalto (Co). Al agregar Co, se reduce la solubilidad del Mo en la matriz y el Mo se ve obligado a formar precipitados. Esto conduce a un aumento de la dureza (Figura 2). Además, el Mo también aumenta el fortalecimiento de la solución sólida (Figura 2) y mejora la resistencia a la corrosión de los aceros martensíticos con alto contenido de Cr.

La influencia del contenido de Mo se puede ver en la Figura 2.

Cromo (Cr):

- 30 Se añade cromo para mejorar la resistencia a la corrosión de los aceros martensíticos. Esto conduce a aceros que se pueden utilizar, por ejemplo, como aceros para moldes de plástico que, en la producción de plásticos, están expuestos a ataques químicos. La adición de Cr favorece la precipitación de la fase de Laves. Sin embargo, contenidos elevados de Cr pueden conducir a la formación de la fase σ , lo que tiene un efecto negativo sobre las propiedades mecánicas. Además, el envejecimiento a largo plazo puede provocar una segregación espinodal en fases ricas en Fe y ricas en Cr, lo que reduce la resistencia al impacto entallado.

Manganeso (Mn):

- 35 Para desarrollar aceros martensíticos económicos, a veces se utilizaba Mn para reemplazar el Ni, más caro. Mn forma martensita de Mn uniformemente con Ni, pero tiene un efecto estabilizador de austenita menor y, por lo tanto, una cantidad significativa de δ -ferrita está presente en las aleaciones de Fe-Mn. Esta ferrita δ tiene un efecto negativo sobre las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión.

Además, ya se sabe que el Mn forma compuestos intermetálicos con Fe y Ni.

- 40 Carbono (C):

El carbono no es un elemento de aleación del acero martensítico. Debido a que los aceros martensíticos no obtienen su alta resistencia de los carburos, el contenido de C se mantiene lo más bajo posible durante la producción del acero. Por lo tanto, el contenido de C de un acero martensítico está en el intervalo del 1/100 %.

- 45 La resistencia a la corrosión y la soldabilidad se deterioran cuando el carbono forma carburos de Cr en aceros inoxidables martensíticos. En los aceros martensíticos PH 13-8 Mo, el C forma carburos con Mo y Cr.

Cobre (Cu):

- 50 El Cu actúa como elemento promotor de la precipitación en los aceros martensíticos, pero no se combina con otros elementos. Inicialmente precipita con una estructura cúbica centrada en el cuerpo en la matriz de Fe. Durante el envejecimiento, desarrolla la estructura 9R y, finalmente, forma su estructura cúbica centrada en las

caras de equilibrio. La función del cobre es precipitar rápidamente y servir como sitio de nucleación para otros precipitados.

Silicio (Si):

- 5 El silicio suele considerarse un elemento de impureza en los aceros. Sin embargo, el Si forma fases intermetálicas en los aceros martensíticos y, en particular, en las aleaciones que contienen Ti, la denominada fase G $\text{Ni}_{16}\text{Si}_7\text{Ti}_6$. El término fase G se utiliza porque esta fase se descubrió por primera vez en los límites de grano, pero este no es el caso de los aceros martensíticos.

Las buenas propiedades mecánicas de los aceros martensíticos se pueden atribuir a un tratamiento térmico en dos etapas.

- 10 La Figura 3 muestra un ejemplo de un diagrama de tiempo-temperatura de dicho tratamiento térmico, que consiste en un proceso de recocido en solución con posterior enfriamiento por aire hasta temperatura ambiente y un proceso de envejecimiento.

- 15 Cuando el campo austenítico monofásico se enfría después del recocido en solución, se forma una martensita de Ni suave pero altamente distorsionada que puede mecanizarse fácilmente y trabajarse en frío si es necesario. El envejecimiento posterior se lleva a cabo normalmente en un intervalo de temperatura de 400 °C a 600 °C. Durante el proceso de intercambio, se producen tres reacciones:

(i) Precipitación de fases intermetálicas

(ii) Recuperación de la martensita

(iii) Formación de austenita reconvertida

- 20 La precipitación de fases intermetálicas de tamaño nm es responsable del inmenso aumento de la resistencia después del envejecimiento. Los aceros martensíticos tienen una serie de ventajas esenciales:

- Solo es necesario un tratamiento térmico en dos etapas.
- Es posible mecanizar fácilmente formas complejas en estado no envejecido.
- Endurecimiento posterior con mínima deformación.

- 25 El diagrama de fases del Fe-Ni en equilibrio se muestra en la Figura 4. De esto se puede ver que el Ni reduce la temperatura de transformación de austenita a ferrita y que la estructura en equilibrio a temperatura ambiente de aquellas aleaciones que contienen más de un pequeño porcentaje de Ni consiste en austenita y ferrita.

- 30 Sin embargo, en la práctica, en condiciones reales de enfriamiento, a partir del campo austenítico monofásico, el material no se descompondrá en una composición de equilibrio de austenita y ferrita. A medida que la austenita se enfría más, se convierte en martensita cúbica.

- 35 El envejecimiento de la estructura martensítica es posible debido a la influencia del Ni en los aceros martensíticos, lo que conduce a una histéresis de las temperaturas de transformación de la martensita y la austenita durante el calentamiento y el enfriamiento (Figura 5). A medida que aumenta el contenido de Ni, disminuye la temperatura de conversión de calentamiento y enfriamiento. La diferencia en las temperaturas de transformación depende del contenido de Ni.

- 40 Después del recocido en solución, el material se transforma en martensita cuando se enfría por debajo de la temperatura de transformación. Dependiendo del contenido de Ni y de los demás elementos de aleación, una determinada proporción de austenita puede reconvertirse a temperatura ambiente. Si la microestructura se recalienta por debajo de la temperatura de transformación α - γ , la martensita se descompone en una estructura de equilibrio de austenita y ferrita. La velocidad de esta reacción de reconversión depende de la temperatura utilizada. Afortunadamente, en los aceros martensíticos esta transformación es lo suficientemente lenta como para que se formen precipitados de las fases intermetálicas a partir de la solución sobresaturada antes de que domine la reacción de transformación inversa.

- 45 Por otro lado, si se calienta la aleación por encima de la temperatura de transformación α - γ , la martensita se transforma nuevamente mediante procesos de deslizamiento.

El concepto de aleación según la invención se basa esencialmente en un concepto basado en Ni, Al, Ti y Si como elementos endurecedores (Figura 6 para aceros, Figura 7 para el sector según la invención).

Para aumentar la dureza, resistencia y tenacidad de la aleación, el desarrollo de la aleación se centró esencialmente en dos puntos:

- Se logró un aumento en los valores de dureza y resistencia modificando las densidades y tipos de precipitado. Para ello se aumentaron los contenidos de los elementos formadores de precipitados Al y Ti.
- Para aumentar la tenacidad, se aumentó la proporción de austenita reconvertida. Esto podría lograrse aumentando el contenido de Ni.

5 En general, se puede ver que, con la aleación según la invención, manteniendo los intervalos de temperatura especificados para el recocido en solución y el envejecimiento, se consigue un material de acero que tiene alta dureza con un contenido de austenita reconvertida sorprendentemente alto. Como resultado, se puede lograr un alto nivel de tenacidad con una dureza muy alta, de modo que se puede lograr un nivel mínimo de tenacidad de 253 durante el trabajo de impacto de barrido.

10 De acuerdo con la invención, el tratamiento de recocido en solución se realiza a 900-1000 °C durante 0,5-1,5 horas.

El envejecimiento se lleva a cabo entre 475 °C y 525 °C durante dos a seis horas.

La invención se describe con más detalle mediante los siguientes ejemplos.

15 Un material de acero con composiciones químicas correspondientes a la Figura 6 se funde en un horno de inducción al vacío y, si es necesario, se vuelve a fundir usando ESU o VLBO y se moldea en consecuencia y se procesa en especímenes de prueba.

A continuación, en forma de estas probetas, el material se caracteriza en cuanto a estructura, comportamiento de dureza y envejecimiento y propiedades mecánicas en diferentes estados de tratamiento térmico.

20 El recocido en solución se llevó a cabo a 1000 °C durante 1 h, y el envejecimiento se llevó a cabo a 525 °C durante 3 h. Luego se determinó la dureza mediante el método de Rockwell.

En las Figuras 8 y 9, se muestran las características de varias aleaciones en términos de dureza y tenacidad.

En ambas Figuras, las aleaciones V21, V311, V321 y V322 corresponden a las aleaciones según la invención de acuerdo con la tabla de la Figura 6.

25 En la Figura 8, se puede ver que las aleaciones correspondientes según la invención se encuentran en el intervalo de dureza superior de todas las aleaciones comparativas y, por lo tanto, tienen propiedades de dureza absolutamente suficientes.

30 En la Figura 9, se muestra el contenido de austenita en función de la temperatura de envejecimiento. Se consiguen diferentes proporciones de austenita reconvertida, siendo la austenita reconvertida la responsable de la tenacidad del material. Se puede observar que las aleaciones según la invención son todas muy parecidas entre sí, especialmente a una temperatura de envejecimiento de 525 °C, siendo el contenido de austenita absolutamente suficiente para la alta tenacidad.

35 Si se compara la aleación de comparación, se puede ver que hay aleaciones que tienen un mayor contenido de austenita, pero si se compara esto con la Figura 8, se puede ver que se quedan atrás en términos de dureza. Otras aleaciones tienen un contenido de austenita significativamente menor o ningún contenido de austenita y, por lo tanto, son muy pobres en términos de tenacidad, incluso si son mejores en términos de dureza.

Esto demuestra que la invención permite una combinación especialmente exitosa de dureza y tenacidad.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar un objeto a partir de un acero martensítico, en donde el objeto se somete sucesivamente a tratamiento térmico de recocido en solución y envejecimiento, en donde

el acero tiene la siguiente composición en % en masa:

5 C = 0,01-0,05

Si = 0,4-0,8

Mn = 0,1-0,5

Cr = 12,0-13,0

Ni = 9,5-10,5

10 Mo = 0,5-1,5

Ti = 0,5-1,5

Al = 0,5-1,5

Cu = 0,0-0,05

15 Hierro residual e impurezas causadas por la fusión, en donde el material se lleva a la forma deseada y luego se recuece en solución a 900-1000 °C, en donde el material se recuece en solución durante 0,5 a 1,5 horas, en donde el material se envejece después del recocido en solución a 475 °C-525 °C, y en donde el tiempo de envejecimiento es de dos a seis horas.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1,

caracterizado porque

20 el material de acero se funde en el horno de inducción al vacío y se vuelve a fundir usando ESU o VLBO y luego se funde.

3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque

el material tiene una dureza >50 HRC después del recocido por solución y el envejecimiento.

25 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque

el material después del envejecimiento a una temperatura de 525 °C tiene un contenido en austenita reconvertida de entre el 4 y el 8 % en volumen, en particular de entre el 5 y el 7,5 % en volumen.

5. Acero martensítico, caracterizado porque tiene la siguiente composición en % en masa:

30 C = 0,01-0,05

Si = 0,4-0,8

Mn = 0,1-0,5

Cr = 12,0-13,0

Ni = 9,5-10,5

35 Mo = 0,5-1,5

Ti = 0,5-1,5

Al = 0,5-1,5

Cu = 0,0-0,05

hierro residual e impurezas provocadas por la fusión.

6. Objeto elaborado a partir de un acero martensítico mediante un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el acero tiene una composición en % en masa:

C = 0,01-0,05

Si = 0,4-0,8

5 Mn = 0,1-0,5

Cr = 12,0-13,0

Ni = 9,5-10,5

Mo = 0,5-1,5

Ti = 0,5-1,5

10 Al = 0,5-1,5

Cu = 0,0-0,05

hierro residual e impurezas provocadas por la fundición.

7. Objeto de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque presenta una dureza >50 HRC y una proporción de austenita reconvertida del 4 al 8 % en volumen, en particular del 5 al 7,5 % en volumen.

15

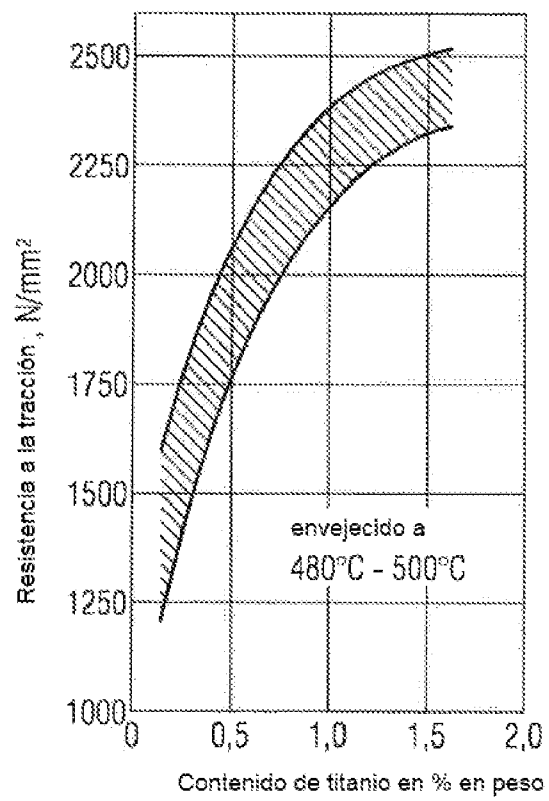


FIG. 1

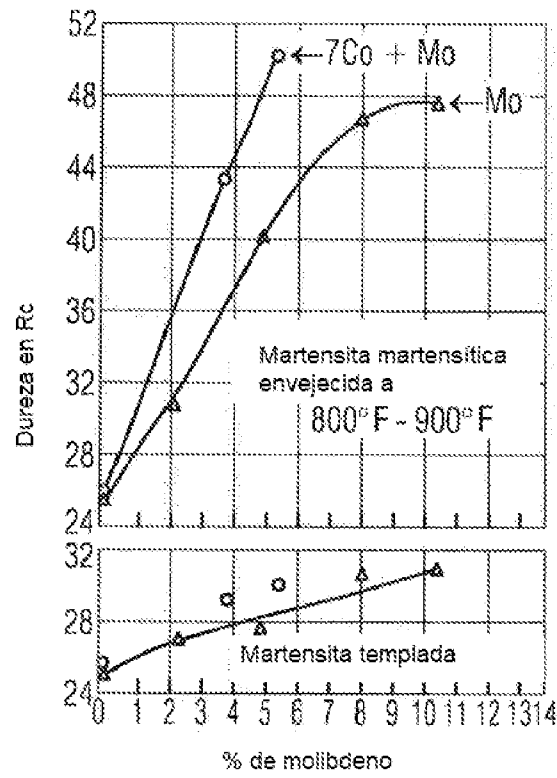


FIG. 2

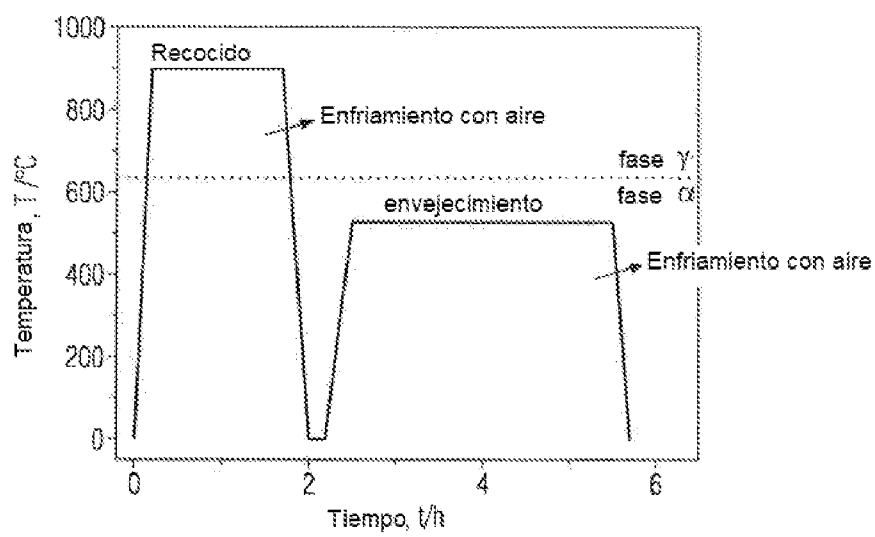


FIG. 3

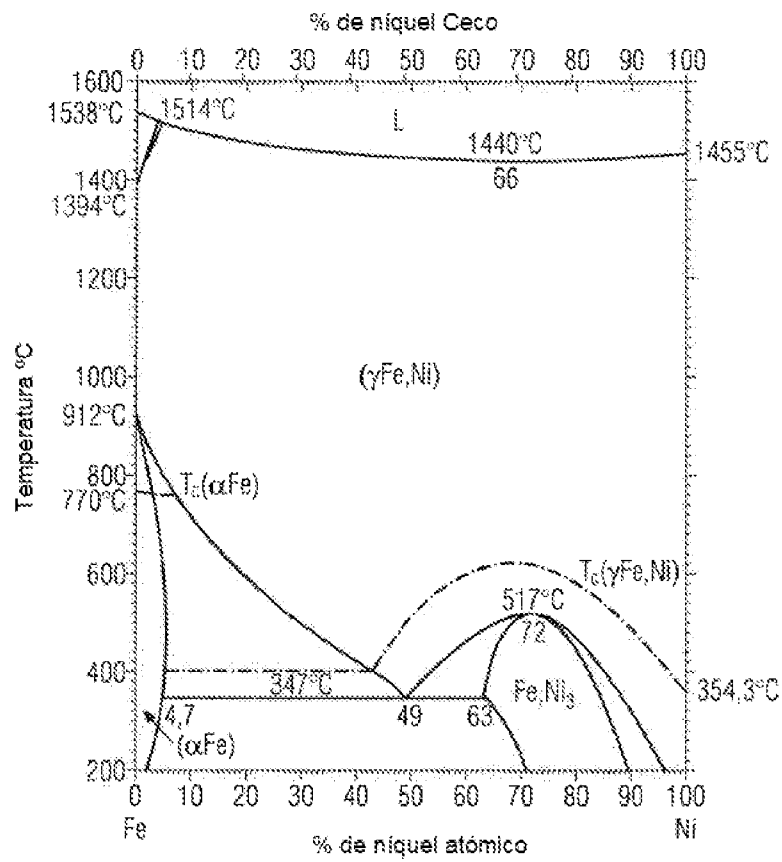


FIG. 4

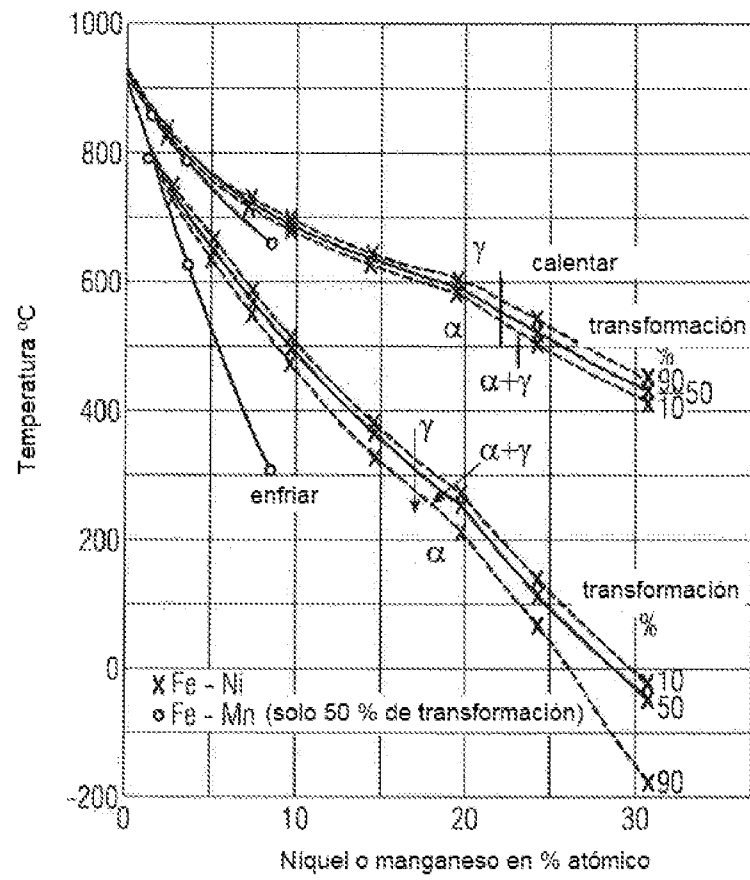


FIG. 5

ES 2 997 782 T3

Aleación	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	Al	Cu
V21	0,01	0,8	0,1	12,2	9,8	1	1,2	0,5	0,04
V311	0,01	0,6	0,1	12,2	9,9	1	1	0,6	0,04
V321	0,01	0,4	0,1	12,3	10,1	1	1	1,1	0,03
V322	0,01	0,8	0,1	12,2	10,1	0,9	1	0,8	0,04

*Datos en % en peso, resto es hierro

Figura 6

Aleación	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	Al	Cu
Mín.	0,01	0,4	0,1	12,0	9,5	0,5	0,5	0,5	0,0
Máx.	0,05	0,8	0,5	13,0	10,5	1,5	1,5	1,5	0,05

Figura 7

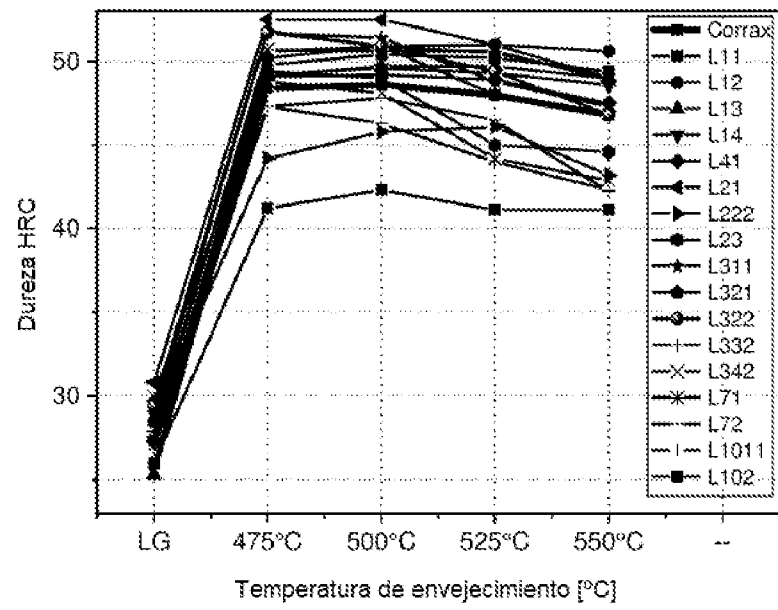


Figura 8

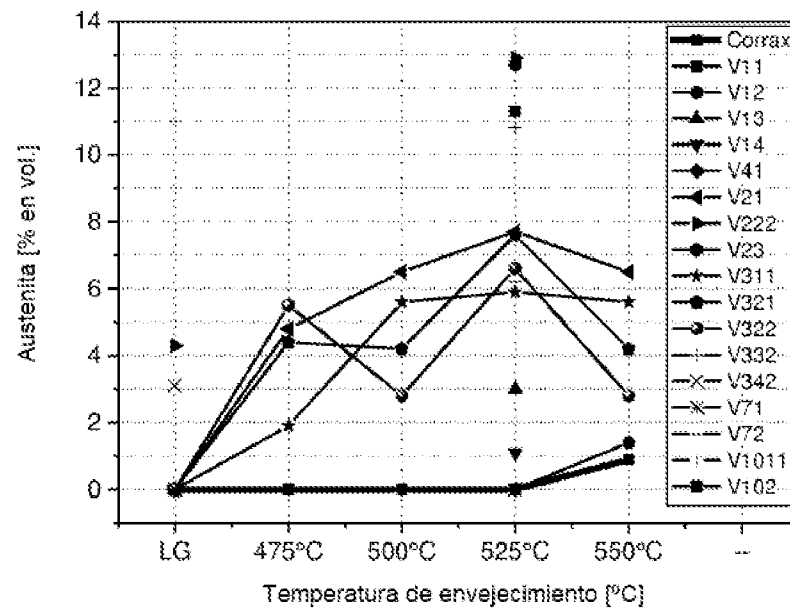


Figura 9