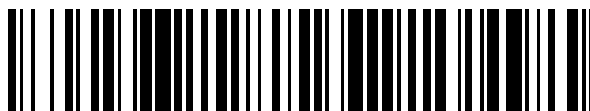


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 578**

51 Int. Cl.:

C22C 38/40 (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)
C22C 38/46 (2006.01)
C21D 8/04 (2006.01)
C21D 9/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.12.2008** **PCT/FR2008/001687**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.08.2009** **WO09101285**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2008** **E 08872296 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018** **EP 2245203**

54 Título: **Lámina de acero inoxidable austenítico y procedimiento de obtención de esta lámina**

30 Prioridad:

20.12.2007 EP 07291575

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.04.2019

73 Titular/es:

APERAM STAINLESS FRANCE (100.0%)
Immeuble Cézanne, 30 Avenue des fruitiers
93200 Saint-Denis, FR

72 Inventor/es:

FROHLICH, THOMAS y
MITHIEUX, JEAN-DENIS

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 708 578 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

Lámina de acero inoxidable austenítico y procedimiento de obtención de esta lámina

- 5 **[0001]** La invención se refiere a láminas de acero inoxidable que presentan características mecánicas elevadas y una buena resistencia a la corrosión a fin de ser destinadas en particular a la fabricación de piezas para automóvil, tales como piezas estructurales o juntas de culatas de motor.
- 10 **[0002]** En primer lugar, se afirma que los aceros inoxidables considerados aquí son en el sentido dado a esta expresión por la norma ISO 6929, a saber, los aceros que contienen al menos 10,5 % en peso de cromo y no más del 1,2 % en peso de carbono.
- 15 **[0003]** La creciente demanda para mejorar la seguridad de los vehículos, junto con la necesidad de reducir las emisiones de dióxido de carbono, está impulsando a los fabricantes de automóviles a buscar materiales con características mecánicas cada vez superiores. Entre las cualidades deseadas para el material de "acero", se mencionará, en particular, la resistencia mecánica, la resistencia a la corrosión, a la fatiga, las propiedades de deformabilidad, de soldabilidad. Es en función del propósito de uso del acero, es decir, de la pieza funcional en la que se transformará al final, que algunas de estas características mecánicas serán, más que otras, favorecidas por el fabricante siderúrgico. El objetivo de este último es ahora adaptar el acero que produce tanto al modo de carga al
20 que se someterá la pieza final en servicio, como a las limitaciones relacionadas con la propia fabricación de esta pieza por transformación de una preforma resultante de la solidificación del metal.
- 25 **[0004]** Con respecto a las piezas para motores térmicos a las que se refiere más particularmente la invención, se usa generalmente para su fabricación aceros austeníticos. Estos son aceros de aleación que contienen cromo, níquel, manganeso, nitrógeno, carbono y, opcionalmente, cobre y molibdeno, a fin de producir una microestructura austenítica, que tiene la ventaja de presentar una gran malla cristalina para el hierro (cúbica con cara centrada), lo que permite aumentar la solubilidad de los diversos elementos de las aleaciones en el hierro, en particular el carbono.
- 30 **[0005]** Resulta que los aceros inoxidables austeníticos convencionales se caracterizan por propiedades mecánicas relativamente modestas en estado recocido. De hecho, a diferencia de los aceros martensíticos que entran admiten el temple, éstos no se endurecen significativamente con el tratamiento térmico. Para lograr una resistencia mecánica suficiente para su uso en la industria automotriz, los aceros inoxidables austeníticos pueden endurecerse por laminación en frío debido a una transformación martensítica inducida por la deformación.
35 Dependiendo de la reducción en el espesor realizado, se pueden alcanzar diferentes niveles de resistencia mecánica hasta valores muy elevados ($R_m = 1500$ MPa). Sin embargo, el uso de estos productos endurecidos plantea varios problemas, por una parte, el costo asociado con la operación adicional de laminación en comparación con un producto recocido, por otra parte, las capacidades de bajo alargamiento y la anisotropía plana. Es por esto por lo que se buscan soluciones en el estado recocido.
- 40 **[0006]** El procedimiento habitual de fabricación de aceros inoxidables austeníticos es el siguiente: después de la laminación en caliente de una banda seguida del recocido, se efectúa una laminación en frío, cuya tasa depende de las características finales en cuestión. El acero presenta una buena resistencia mecánica, pero su ductilidad es demasiado reducida, especialmente para su posterior conformación. Para superar esto, se somete a un
45 tratamiento final de recristalización en forma de un recocido en horno, es decir, un calentamiento con mantenimiento de temperatura, controlando el tiempo requerido para la recristalización completa antes del enfriamiento.
- 50 **[0007]** El objetivo principal de un recocido es colocar el metal en un estado estructural cercano al estado de equilibrio. En resumen, la energía interna acumulada durante el endurecimiento es evacuada. De hecho, un recocido de recristalización usará este diferencial de energía interna para favorecer la germinación de nuevos granos metálicos y su crecimiento. Se entiende que cuanto superior sea el aumento de la energía interna debido al endurecimiento, es más probable que haya nuevos gérmenes durante el recocido y, por lo tanto, un tamaño de granos final pequeño. Además, es ventajoso realizar un fuerte endurecimiento antes del recocido.
- 55 **[0008]** La temperatura de recristalización también es un parámetro importante para controlar el tamaño de granos final, ya que la movilidad de los límites de granos aumenta con la temperatura. Por lo tanto, se recomienda bajar la temperatura de recocido para obtener una estructura de granos finos.
- 60 **[0009]** Sin embargo, el calentamiento aplicado convencionalmente durante el recocido de recristalización también es un sobretemple, es decir, excede el solvus de los carburos de cromo para poner en solución todo el carbono en la austenita. El objetivo de esta etapa es evitar cualquier riesgo de corrosión localizada causada por las zonas descromadas alrededor de los carburos de cromo. La temperatura de la solución de los carburos de cromo constituye por lo tanto un límite a la disminución de la temperatura de recocido para refinar la microestructura. Este límite depende de la composición química y principalmente del contenido de carbono.
- 65

[0010] Se ha hallado un equilibrio en la técnica anterior usando aceros que presentan bajos contenidos de carbono, lo que permite disminuir el solvus de los carburos de cromo y retrasar la cinética de precipitación. Como se puede ver en la figura 1, con una velocidad de calentamiento de aproximadamente 20 °C/s, representada por la curva Vc, y un contenido de carbono inferior a 0,05 %, se alcanza la temperatura total de recrystalización Tc sin entrar en el dominio A₁ de precipitación de carburos de cromo, en relación con aquellos aceros con un contenido de C inferior a 0,05 % de C.

[0011] La resistencia mecánica del acero se puede mejorar aún más mediante el endurecimiento después de este tratamiento térmico. Sin embargo, para satisfacer mejor las demandas de la industria automotriz, hoy en día debería ser posible mejorar aún más la resistencia mecánica de dichos aceros más allá de los límites impuestos por las vías usadas convencionalmente. Esta es la razón por la que se ha intentado aumentar el contenido de carbono. Pero hasta la fecha, según el conocimiento del solicitante, todos los ensayos de refinamiento del tamaño de granos han fallado, traduciéndose por una alta precipitación de carburos de cromo causada por el descenso de la temperatura de recocido.

[0012] El documento EP-A-1 739 200 describe una banda de acero inoxidable austenítico, que presenta un límite elástico Rp_{0,2} superior o igual a 600 MPa, una carga a la rotura R_m superior o igual a 800 MPa, un alargamiento A₈₀ superior o igual a 40 %, cuya composición comprende en % en peso: 0,025 ≤ C ≤ 0,15 %; 0,20 ≤ Si ≤ 1,0 %; 0,50 ≤ Mn ≤ 2,0 %; 6,0 ≤ Ni ≤ 12,0 %; 16,0 ≤ Cr ≤ 20,0 %; Mo ≤ 3,0 %; 0,030 ≤ N ≤ 0,160 %; Cu ≤ 0,50 %; P ≤ 0,50 %; S ≤ 0,015 %; opcionalmente 0,10 ≤ V ≤ 0,50 %, y 0,03 ≤ Nb ≤ 0,50 % con 0,10 % ≤ Nb + V ≤ 0,50 %, el resto es hierro y cualquier impureza resultante de la elaboración, cuyo tamaño promedio de los granos de austenita es inferior o igual a 4 μm, y la superficie presenta un brillo superior a 50. Este acero se recrystaliza solo parcialmente, a una tasa de 60-75 %. Su enfriamiento después del tratamiento de recrystalización parcial se realiza de forma continua. Se considera que se evita la presencia de carburos de Cr en los límites de granos.

[0013] El documento GB-A-473331 describe tratamientos llevados a cabo en aceros inoxidables austeníticos con el objetivo de limitar su sensibilidad a la corrosión intergranular. A tal fin, la precipitación de los carburos de Cr se lleva a cabo de forma intragranular gracias, en particular, a un calentamiento realizado a una temperatura inferior a la temperatura de recrystalización, y durante un periodo de tiempo suficiente para precipitar todo el C en exceso y redistribuir el Cr de manera homogénea sin provocar una recrystalización significativa.

[0014] El documento FR-A-2 864 108 describe un acero inoxidable austenítico con una composición de 0,025 % ≤ C ≤ 0,05 %; 0,3 % ≤ Si ≤ 1 %; 1 % ≤ Mn ≤ 2 %; 15 % ≤ Cr ≤ 18,5 %; 5 % ≤ Ni ≤ 10 %; Mo ≤ 3 %; 0,1 % ≤ N ≤ 0,16 %; Cu ≤ 0,5 %; P ≤ 0,5 %; S ≤ 0,015 %; opcionalmente 0,1 % ≤ V ≤ 0,5 % y 0,1 % ≤ Nb ≤ 0,5 %, con 0,1 % ≤ Nb + Ti + V ≤ 0,5 %, siendo el resto hierro y posibles impurezas resultantes de la elaboración, y cuya microestructura es una microestructura esencialmente austenítica que comprende de 0,1 a 0,2 % en volumen de islotes martensíticos distribuidos homogéneamente. Las propiedades mecánicas específicas se logran gracias a la recrystalización parcial. El enfriamiento posterior a la recrystalización se realiza de forma continua.

[0015] La invención tiene por objeto proporcionar una respuesta a este problema que aún no se ha resuelto mediante un acero con una microestructura esencialmente austenítica muy fina, cuyo contenido de carbono aumentó significativamente en comparación con la práctica de la técnica anterior, permite obtener una resistencia mecánica superior junto con una muy buena resistencia a la corrosión.

[0016] Para este fin, la invención tiene por objeto una lámina de acero inoxidable cuya composición comprende los contenidos que se expresan en peso: 0,05 % ≤ C ≤ 0,30 %, 0,3 % ≤ Si ≤ 1 %, 0,5 % ≤ Mn ≤ 3 %, 4 % ≤ Ni ≤ 10 %, 15 % ≤ Cr ≤ 20 %, N ≤ 0,2 %, P ≤ 0,05 %, S ≤ 0,015 %, opcionalmente 0,1 ≤ V ≤ 0,5 %, opcionalmente Mo ≤ 3 %, opcionalmente Cu ≤ 0,5 %, el resto de la composición está constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración, siendo la microestructura de dicho acero esencialmente austenítica y recrystalizada por completo, el tamaño medio de los granos de austenita es inferior a 2 micrómetros, la lámina contiene carburos de cromo de los cuales más del 90 % están precipitados en los límites de los granos austeníticos.

[0017] La composición comprende preferentemente, los contenidos que se expresan en peso: 0,09 % ≤ C ≤ 0,30 %.

[0018] Preferentemente, la composición comprende los contenidos que se expresan en peso: 16 % ≤ Cr ≤ 18 %.

[0019] La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de una lámina de acero inoxidable, según el cual:

- se proporciona un acero de composición según una cualquiera de las composiciones anteriores, acto seguido
- el acero se cuela en forma de desbaste, acto seguido
- se lamina en caliente el desbaste para obtener una lámina laminada en caliente, acto seguido
- se recuece la lámina laminada en caliente a una temperatura superior a 1.000 °C, acto seguido
- se decapa la lámina laminada en caliente, acto seguido

- se lamina en frío la lámina laminada en caliente, a una tasa de reducción superior al 40 %, acto seguido
- se lleva a cabo un tratamiento térmico de recrystalización total sobre la lámina laminada en frío, el tratamiento térmico comprende una fase de calentamiento rápido, a una velocidad V_c comprendida entre 50 y 800 °C/s hasta una temperatura comprendida entre T_c y T_c+50 °C, T_c designa la temperatura de recrystalización total, con el fin de
- 5 obtener una lámina caliente y completamente recrystalizada, acto seguido
- se enfría la lámina caliente y completamente recrystalizada, a una velocidad superior a 50 °C/s hasta una temperatura T_m de aproximadamente 750 °C, acto seguido
- se mantiene la lámina a la temperatura T_m durante un periodo comprendido entre 1 y 100 s con el fin de obtener una precipitación de carburos de cromo, acto seguido
- 10 - se enfría la lámina hasta la temperatura ambiente.

[0020] Preferentemente, el calentamiento rápido se realiza hasta una temperatura superior a 800 °C e inferior o igual a 900 °C.

- 15 **[0021]** Según una aplicación preferida de la invención, una vez que el tratamiento térmico ha finalizado, la lámina enfriada se somete a una operación de deformación en frío capaz de generar la aparición de martensita en la estructura de acero.

[0022] El calentamiento rápido se realiza preferentemente por inducción electromagnética.

20

[0023] Según la composición, en particular el contenido de carbono, la resistencia puede variar entre aproximadamente 1.000 y 1.600 MPa.

- 25 **[0024]** La invención también tiene por objeto una lámina de acero inoxidable fabricada por el procedimiento de fabricación anterior.

[0025] La invención también tiene por objeto una pieza mecánica de acero inoxidable obtenida a partir de una lámina fabricada por el procedimiento de fabricación anterior. La invención también tiene por objeto el uso de una lámina obtenida por el procedimiento de fabricación anterior para la fabricación de piezas estructurales para

30 automóviles.

[0026] La invención también tiene por objeto el uso de una lámina obtenida por el procedimiento de fabricación anterior para la fabricación de juntas de culatas de motores.

- 35 **[0027]** La invención se entenderá mejor y otros aspectos y ventajas resultarán más evidentes tras la lectura de la siguiente descripción detallada de un ejemplo de realización dado con referencia a las figuras anexas, en las que:

La figura 1 es un diagrama que representa el calentamiento de un acero austenítico con un contenido de carbono inferior a 0,05 % (cuyo dominio A_1 de precipitación de carburos de cromo se ha representado) o con un contenido de carbono más elevado (dominio de precipitación A_2) durante un recocido de recrystalización con una velocidad de calentamiento V_c según la técnica anterior.

La figura 2 es un diagrama similar que ilustra una realización según la invención con un recocido de recrystalización total seguido de una desestabilización de la estructura. El dominio A de precipitación de carburos de cromo también

45 se ha representado, así como la temperatura de recrystalización total T_c .

[0028] Como ya se habrá entendido, la invención consiste esencialmente en una nueva lámina de acero inoxidable austenítico con granos muy finos, que presenta un contenido de carbono significativo, superior a 0,05 o 0,09 %, así como un nuevo procedimiento de obtención de una lámina a partir de este acero que contrarresta los

50 efectos no deseados de este aumento en el contenido de carbono mediante un recocido por calentamiento muy rápido que permite alcanzar rápidamente la temperatura de recrystalización.

[0029] Como se ha visto anteriormente, el principal problema planteado por el recocido de recrystalización de un acero inoxidable austenítico es que se puede proceder a la recrystalización sin la precipitación de carburos de cromo. Por una parte, estos carburos son perjudiciales para el comportamiento a la corrosión del acero, pero también impiden, por otra parte, que comience la recrystalización. No obstante, como se puede ver en la figura 1, al aumentar el contenido de carbono, la zona de precipitación de estos carburos se desplazará hacia la izquierda: el dominio A_1 es relativo a los aceros, a menos de 0,05 % de C, el dominio A_2 a los aceros con un contenido de carbono más elevado. Los carburos se formarán más fácilmente y por lo tanto más rápido. Una solución sería

60 calentar el acero a temperaturas más allá de esa zona y mantenerlo allí hasta que los carburos vuelvan a cubrirse. Desafortunadamente, las temperaturas para alcanzar esto son tales que el tiempo transcurrido y la movilidad de los límites de granos no permiten obtener por ende un grano fino.

[0030] Por lo tanto, cuando aumenta el contenido de carbono del acero para aumentar la resistencia mecánica, el experto en la materia debe elegir entre una buena resistencia a la corrosión o una buena resistencia a

65

la fatiga, a través de un grano fino y una alta resistencia mecánica, mientras que legítimamente desea obtener ambos.

[0031] Sorprendentemente, los presentes inventores han descubierto que es posible obtener una 5 recristalización o sobretemple homogéneo y completo del acero antes de que se precipiten los carburos de cromo, y esto para contenidos de carbono de hasta 0,3 %, o incluso un poco más allá. Esto se ha logrado aumentando la velocidad de calentamiento por encima de 50 °C/s, aunque la temperatura de recristalización total T_c aumenta con dicha velocidad de calentamiento, lo que aumenta el riesgo de alcanzar la zona de precipitación de carburos.

10 **[0032]** En aras de la claridad, con velocidades de calentamiento convencionales en horno del orden de 20 °C/s, los contenidos de carbono máximos permitidos para obtener la recristalización y evitar una precipitación de los carburos serían de alrededor de 0,07 a 0,08 % en promedio. Un máximo de 0,15 % de C incluso podría haber sido alcanzado a veces con algunos matices.

15 **[0033]** Para obtener una lámina de acero según la invención, primero es necesario desarrollar y luego colar en forma de desbaste, un acero inoxidable de composición tal como se define a continuación, que comprende:

- carbono con un contenido comprendido entre 0,05 y 0,30 % en peso. Si el contenido de C es inferior a 0,05 %, la resistencia mecánica es insuficiente. Un contenido de carbono superior o igual a 0,09 % es particularmente 20 adecuado para el procedimiento descrito en la figura 2. Por el contrario, si el contenido es superior a 0,30 %, las fuerzas de laminación en frío aumentan considerablemente, lo que reduce el intervalo dimensional accesible;
- silicio con un contenido comprendido entre 0,3 y 1 % en peso. El silicio se usa como desoxidante para el acero líquido. Además, participa en el endurecimiento en solución sólida y reduce la energía de falta de apilamiento que controla parcialmente la transformación martensítica inducida por la deformación. Su contenido está limitado al 1 % 25 en peso ya que tiene una tendencia a perturbar el procedimiento de fabricación de la lámina de acero al plantear problemas de segregación durante la colada del desbaste de acero;
- manganeso con un contenido comprendido entre 0,5 y 3 %. El manganeso favorece la formación de austenita y aumenta la solubilidad del nitrógeno en la austenita. Con un contenido inferior a 0,5 %, el manganeso ya no puede atrapar el azufre en forma de MnS y la capacidad de fraguado en caliente se degrada, causando defectos en la 30 superficie de las bandas laminadas en caliente. Más allá del 3 %, estos efectos están saturados;
- cromo con un contenido comprendido entre 15 y 20 %. El cromo favorece la formación de martensita por deformación y es un elemento esencial para que el acero tenga una buena resistencia a la corrosión. Si el contenido de cromo es inferior al 15 %, la resistencia a la corrosión será insuficiente; si el contenido de cromo excede el 20 %, la fracción de ferrita durante la laminación en caliente se vuelve demasiado grande y puede conducir a la formación 35 de grietas de borde. Estos diferentes efectos se obtienen de manera estable en un intervalo preferido de 16 a 18 % de cromo;
- níquel con un contenido comprendido entre 4 y 10 %. El níquel estabiliza la austenita y favorece la repasivación del acero. Se trata de la formación en la superficie de acero de una película protectora muy delgada y con baja permeabilidad iónica. Si el contenido de níquel es inferior al 5 %, la resistencia a la corrosión del acero es 40 insuficiente. Si el contenido de níquel es superior al 10 %, la austenita se sobreestabiliza. La formación de martensita por deformación ya no es suficiente y las características del acero son insuficientes;
- nitrógeno con un contenido inferior al 0,2 %. Además de su acción a favor de la formación de austenita, el nitrógeno retrasa la precipitación de carburos de cromo. Más allá del 0,2 %, existe el riesgo de deteriorar la ductilidad en caliente del acero;
- fósforo con un contenido inferior o igual a 0,05 %. El fósforo es un elemento de fácil segregación. Favorece el 45 endurecimiento en solución sólida del acero, sin embargo, su contenido debe limitarse a 0,05 % puesto que aumenta la fragilidad del acero y disminuye su soldabilidad;
- azufre con un contenido inferior o igual a 0,015 %. El azufre también es un elemento de segregación, cuyo contenido debe limitarse para evitar grietas durante la laminación en caliente.

50 **[0034]** Además, la composición puede incluir opcionalmente:

- vanadio con un contenido comprendido entre 0,1 y 0,5 %. El vanadio favorece la soldabilidad del acero y frena el crecimiento de los granos de austenita en la zona afectada por el calor. Más allá del 0,5 %, el vanadio no contribuye 55 a la mejora de la soldabilidad, y por debajo del 0,1 %, la soldabilidad del acero no mejora;
- cobre con un contenido inferior o igual a 0,5 %. El cobre favorece la formación de austenita y contribuye a la resistencia contra la corrosión. Sin embargo, más allá de un contenido del 0,5 %, la austenita se vuelve demasiado estable a temperatura ambiente y la transformación martensítica por deformación se inhibe;
- molibdeno con un contenido inferior o igual al 3 %. El molibdeno favorece la formación de martensita por 60 deformación y aumenta la resistencia a la corrosión, especialmente cuando se combina con nitrógeno. Más allá del 3 %, la resistencia a la corrosión del acero ya no mejora y el endurecimiento a altas temperaturas dificulta la laminación en caliente.

[0035] El resto de la composición está constituido por hierro y otros elementos que normalmente se 65 encuentran como impurezas resultantes de la elaboración del acero inoxidable, en proporciones que no influyen en

las propiedades buscadas.

- [0036]** Una vez que el desbaste se cuela, se lamina en caliente en un tren de bandas para formar una lámina laminada en caliente. Esta se recuece a una temperatura superior a 1.000 °C para permitir la posterior laminación en frío. La lámina luego se decapa por un procedimiento conocido en sí mismo.
- [0037]** La lámina laminada en caliente se lamina acto seguido a temperatura ambiente a una tasa de reducción superior a 40 %.
- 10 **[0038]** Esta laminación generará numerosas dislocaciones en el acero. Incluso formará martensita (denominada martensita de deformación) que se presenta en forma de listones. Estas evoluciones microestructurales aumentarán la energía interna del acero. El aumento de temperatura durante el tratamiento térmico que seguirá permitirá devolver el metal al equilibrio termodinámico.
- 15 **[0039]** Cuando el endurecimiento es suficiente, la fuerza de retorno hacia el equilibrio permitirá la germinación de nuevos granos y su crecimiento. Por lo tanto, cuanto más temprano haya sido el endurecimiento, se obtendrá más grano fino. Esta es la razón por la que una tasa de reducción inferior al 40 % es insuficiente para conferir al acero inoxidable, según la invención, las características requeridas.
- 20 **[0040]** Finalmente, la lámina laminada en frío se somete a un tratamiento térmico para conferir al acero inoxidable una estructura completamente recristalizada.
- [0041]** El tratamiento térmico según la invención consiste en someter la lámina de acero laminada en frío a un recocido de recristalización total que comprende, en una primera etapa, una fase de calentamiento rápido, a una
25 velocidad comprendida entre 50 y 800 °C/s a fin de alcanzar una temperatura comprendida entre T_C y $T_C + 50$ °C. El calentamiento rápido se lleva a cabo preferentemente a una temperatura superior a 800 °C e inferior o igual a 900 °C.
- [0042]** Esta temperatura debe alcanzarse antes de que comience la precipitación de carburos de cromo.
30 Después del enfriamiento en las condiciones según la invención, se obtiene un grano austenítico ultrafino que tiene un tamaño promedio inferior a 2 micrómetros.
- [0043]** De hecho, la obtención de un grano fino no solo depende de la tasa de endurecimiento preliminar, sino también de las condiciones de recocido (temperatura y tiempo de mantenimiento). Cabe señalar que cuanto mayor
35 sea el contenido de carbono del acero, más elevada será la velocidad de calentamiento. Por lo tanto, para un contenido de carbono de 0,05 % se puede satisfacer con una velocidad de calentamiento del orden de 50 °C/s, pero es necesario alcanzar 200 °C/s cuando el contenido de carbono se sitúa alrededor del 0,2 %. Para un contenido de carbono del orden de 0,09-0,1 %, la velocidad de calentamiento debe alcanzar aproximadamente 100 °C/s.
- 40 **[0044]** Según la invención, tal velocidad de calentamiento se consigue mediante el empleo de un dispositivo de calentamiento por inducción electromagnética. La implementación adecuada de dicho dispositivo, en particular mediante la elección de la frecuencia de la corriente eléctrica de excitación, hace posible obtener rápidamente temperaturas tan altas que ya no es necesario proporcionar una fase de mantenimiento de homogeneización como se puede ver en la figura 2.
- 45 **[0045]** Dado que la temperatura de recristalización se alcanza más rápido que antes, una ventaja del procedimiento según la invención es que hay menos pérdida de energía interna durante la fase de calentamiento. Por lo tanto, es posible obtener una misma finura de grano para una tasa de endurecimiento más baja que en el pasado.
- 50 **[0046]** Aunque el aumento en el contenido de carbono ya permite obtener características de resistencia elevadas, todavía es posible mejorarlas.
- [0047]** Tras el tratamiento térmico de recristalización total, se enfría a continuación la lámina por etapas, como se presenta en la figura 2: un primer enfriamiento se lleva a cabo a una velocidad superior a 50 °C/s, para colocarse cerca de la nariz de precipitación en condiciones isotérmicas. Este primer enfriamiento se lleva a cabo, por ejemplo, hasta una temperatura T_m de aproximadamente 750 °C, es decir, entre 700 y 800 °C, en el que se lleva a cabo un mantenimiento que dura entre 1 y 100 segundos. Luego, la lámina se enfría a temperatura ambiente. De esta manera, los carburos de cromo, es decir, de los cuales más del 90 % se precipitarán predominantemente, en
60 los límites de granos austeníticos. Esta precipitación después de la austenización desestabilizará la estructura y aumentará las características mecánicas finales del acero. De hecho, los carburos de cromo se precipitan predominantemente en los límites de granos austeníticos, y estos últimos son muy finos (su tamaño medio es inferior a 2 micrómetros), a este nivel hay menos riesgo de deteriorar la resistencia a la corrosión intergranular.
- 65 **[0048]** Finalmente, también es posible someter la lámina a una deformación en frío adicional, en particular

mediante laminación, después del tratamiento de recristalización. Esta deformación plástica final permitirá transformar una parte de la austenita en martensita y aumentar aún más la resistencia mecánica.

[0049] La invención será particularmente útil para la fabricación de juntas de culatas de motores, que
5 requieren un límite de elasticidad elevado y una buena resistencia a la fatiga y a la corrosión.

[0050] Huelga decir que la invención no puede limitarse a los ejemplos explicados en la presente memoria, sino que se extiende a múltiples variantes o equivalentes en la medida en que se respete su definición dada en las reivindicaciones adjuntas.

10

REIVINDICACIONES

1. Lámina de acero inoxidable cuya composición comprende los contenidos que se expresan en peso:

$$0,05 \% \leq C \leq 0,30 \%$$

$$0,3 \% \leq Si \leq 1 \%$$

$$0,5\% \leq Mn \leq 3 \%$$

$$4 \% \leq Ni \leq 10 \%$$

$$15 \% \leq Cr \leq 20 \%$$

$$N \leq 0,2 \%$$

$$P \leq 0,05 \%$$

$$S \leq 0,015 \%$$

opcionalmente $0,1 \leq V \leq 0,5 \%$
 opcionalmente $Mo \leq 3 \%$
 opcionalmente $Cu \leq 0,5 \%$

el resto de la composición está constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración, la microestructura de dicho acero es esencialmente austenítica completamente recrystalizada, el tamaño medio de los granos de austenita es inferior a 2 micrómetros, dicha lámina que contiene carburos de cromo de los cuales más del 90 % están precipitados en los límites de dichos granos austeníticos.

2. Lámina de acero según la reivindicación 1, **caracterizada porque** su composición comprende los contenidos que se expresan en peso

$$0,09 \% \leq C \leq 0,30 \%$$

3. Lámina de acero según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque** su composición comprende los contenidos que se expresan en peso

$$16 \% \leq Cr \leq 18 \%$$

4. Procedimiento de fabricación de una lámina de acero inoxidable, según el cual:

- se proporciona un acero de composición según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, acto seguido
- el acero se cuela en forma de desbaste, acto seguido

- se lamina en caliente dicho desbaste para obtener una lámina laminada en caliente, acto seguido
- se recuece dicha lámina laminada en caliente a una temperatura superior a 1.000 °C, acto seguido
- se decapa la lámina laminada en caliente, acto seguido

- se lamina en frío dicha lámina laminada en caliente, a una tasa de reducción superior al 40 %, acto seguido

- se lleva a cabo un tratamiento térmico de recrystalización total sobre dicha lámina laminada en frío, dicho tratamiento térmico comprende una fase de calentamiento rápido, a una velocidad V_c comprendida entre 50 y 800 °C/s hasta una temperatura comprendida entre T_c y $T_c + 50$ °C, T_c designa la temperatura de recrystalización total, con el fin de obtener una lámina en caliente y completamente recrystalizada, acto seguido

- se enfría dicha lámina en caliente y completamente recrystalizada, a una velocidad superior a 50 °C/s hasta una temperatura T_m de aproximadamente 750 °C, acto seguido

- se mantiene dicha lámina a dicha temperatura T_m durante un periodo comprendido entre 1 y 100 s con el fin de obtener una precipitación de carburos de cromo, acto seguido

- se enfría dicha lámina hasta la temperatura ambiente.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado porque** dicho calentamiento rápido se realiza a una temperatura superior a 800 °C e inferior o igual a 900 °C.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 o 5, **caracterizado porque** una vez completado dicho tratamiento térmico, dicha lámina enfriada se somete a una operación de deformación en frío capaz de generar la aparición de martensita en la estructura de acero.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado porque** dicho calentamiento rápido se realiza por inducción electromagnética.
- 10 8. Lámina de acero inoxidable resultante del procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7.
- 15 9. Pieza mecánica de acero inoxidable obtenida a partir de una lámina según la reivindicación 8.
10. Uso de una lámina según la reivindicación 8 para la fabricación de piezas estructurales para automóviles.
- 20 11. Uso de una lámina según la reivindicación 8 para la fabricación de juntas de culatas de motores.

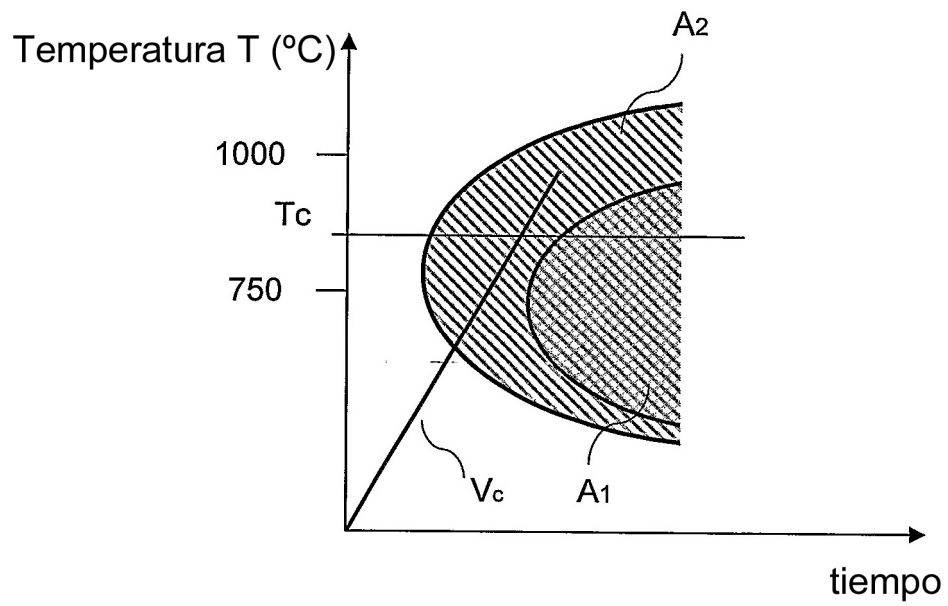


Figura 1

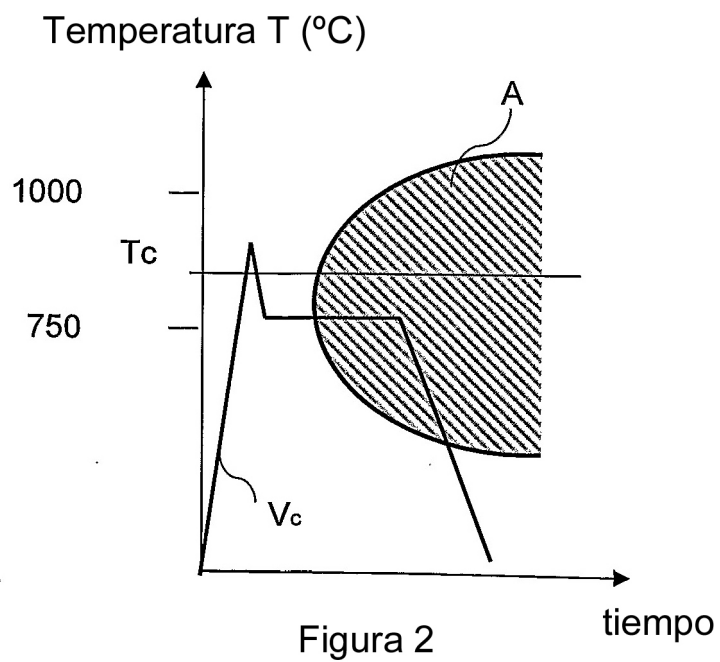


Figura 2