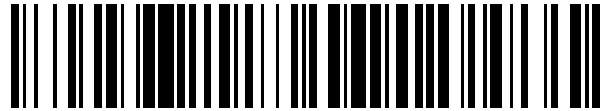


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 435 431**

51 Int. Cl.:

C22C 38/18 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

C22C 38/22 (2006.01)

B29C 33/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2009 E 09750037 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013 EP 2279275**

54 Título: **Bloque o chapa de acero con elevadas prestaciones para piezas de grandes dimensiones**

30 Prioridad:

06.05.2008 EP 08300199

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

19.12.2013

73 Titular/es:

**INDUSTEEL CREUSOT (100.0%)
1 à 5 Rue Luigi Cherubini
93200 Saint-Denis, FR**

72 Inventor/es:

**BEGINOT, JEAN y
NGOMO, VALÉRY**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 435 431 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

Bloque o chapa de acero con elevadas prestaciones para piezas de grandes dimensiones

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un acero de alta resistencia destinado en especial a la fabricación de piezas de grandes dimensiones como por ejemplo piezas de moldes para materia plástica, piezas para herramientas como por ejemplo matrices, o piezas de desgaste tales como piezas destinadas a resistir la abrasión.
- 10 **[0002]** Para muchas aplicaciones, las piezas de mecánica que están sometidas a fuerzas o a sollicitaciones al desgaste muy elevadas deben fabricarse con aceros que tienen resistencias mecánicas elevadas correspondientes a unas durezas comprendidas entre 300 y 500 HB, pero que deben sin embargo permanecer suficientemente tenaces, mecanizables, soldables, etc... Estos piezas se obtienen, en general, por recorte y mecanizado de chapas o de bloques de gran espesor. Un bloque que es de forma generalmente de paralelepípedo se obtiene por forjado de un lingote. Una chapa se obtiene por laminado de un lingote o de una losa.
- 15 **[0003]** Para estos objetos que suelen tener forma de paralelepípedo, el espesor es la dimensión menor. Para los bloques o las chapas consideradas aquí, el espesor es superior a 10 mm y puede alcanzar 1 metro.
- 20 **[0004]** En bloques o chapas de este tipo constituidos por los aceros precitados, se constata a menudo la existencia de puntos duros que resultan de segregaciones. Estas segregaciones corresponden a variaciones locales de composición química resultantes de fenómenos de solidificación de los lingotes a partir de los cuales se fabrican los bloques. Estos puntos duros presentan varios inconvenientes. Efectivamente, pueden tener como consecuencia hacer que el mecanizado o el pulido regular sean difíciles, lo cual puede plantear problemas de realización de piezas para las cuales la precisión geométrica y la calidad de superficie son importantes. Estas variaciones de dureza también pueden tener como consecuencia la generación de zonas frágiles que pueden ser emplazamientos preferentes de inicio de fisura, perjudiciales en especial para la tenacidad global de las piezas, y también para la capacidad de soldadura o la aptitud para el recorte térmico de las piezas.
- 25 **[0005]** Estos problemas de segregación son más marcados cuanto mayor es la sección de las piezas consideradas son de sección importante. Es el caso, en particular de las piezas cuya sección puede alcanzar varios decímetros o incluso más de un metro, en especial debido a la necesidad de añadir elementos de aleación en cantidad importante para obtener un templeado suficiente para permitir realizar estas piezas.
- 30 **[0006]** US 5 759 299 describe un acero destinado a fabricar raíles y no aborda la cuestión de las venas segregadas.
- 35 **[0007]** FR 2 241 624 describe chapas laminadas en caliente de espesor comprendido entre 3 y 13 mm destinadas a ser embutidas para fabricar para-choques de automóvil, paneles de carrocería, depósitos de aceite y ruedas, así como soportes de para-choques, elementos de chasis y piezas tubulares. La cuestión de las venas segregadas no se aborda más en este documento.
- 40 **[0008]** Con el fin de reducir la importancia de las zonas segregadas, se utilizan a veces técnicas de fabricación de lingote del tipo refusión con escoria electro-conductora (ESR) o refusión en vacío. Estas técnicas son especialmente eficaces para obtener piezas de grandes dimensiones muy homogéneas, y que tienen por lo tanto propiedades de utilización satisfactorias. Sin embargo, presentan el inconveniente de ser extremadamente costosas. Por ello, estas técnicas se utilizan esencialmente para piezas para las cuales se exigen prestaciones muy elevadas y que, teniendo en cuenta sus utilidades, pueden soportar costes de fabricación muy elevados.
- 45 **[0009]** Con el fin de reducir el efecto de esta segregación, también se ha propuesto utilizar tratamientos térmicos de homogenización. Estos tratamientos térmicos, tienen como objetivo atenuar las variaciones de composición química locales por difusión de los elementos químicos desde las zonas más cargadas hacia las zonas menos cargadas. Presentan el inconveniente de ser extremadamente largos y por lo tanto de ser extremadamente costosos.
- 50 **[0010]** El objetivo de la presente invención es dar remedio a estos inconvenientes proponiendo un acero que permite obtener características mecánicas elevadas que pueden alcanzar 400HB, incluso 450 HB, incluso en el núcleo de piezas muy masivas, presentando a la vez variaciones de dureza debidas a las segregaciones relativamente reducidas.
- 55 **[0011]** A tal efecto, la invención tiene por objeto un bloque o una chapa de acero según la reivindicación 1.
- 60 **[0012]** Las reivindicaciones dependientes 2 a 7 precisan características facultativas de este bloque o de esta chapa.
- [0013]** La invención también se refiere a procesos según las reivindicaciones 8 y 9.
- 65 **[0014]** La invención se describirá ahora de manera más precisa pero no limitativa frente a la figura única adjunta e ilustrada por unos ejemplos.

5 **[0015]** La figura adjunta es un gráfico que muestra la concentración de carbono que hay que obtener en función de la dureza deseada para un acero de elevadas prestaciones según la invención, después de un revenido a 550°C (curva 1) o después de un revenido por debajo de 500°C (curva 2), para una composición de base: 0,15% de silicio, 3,3% de manganeso, 3% de cromo, 0,25% de molibdeno y para bloques que han sido enfriados por aire después de una normalización a 900°C.

10 **[0016]** Con la finalidad de realizar piezas de espesores muy elevados, siendo el espesor superior a 10 mm y pudiendo alcanzar 500 mm e incluso sobrepasar 1 metro, y para que la dureza media sea bien homogénea entre el núcleo y la superficie, es necesario utilizar un acero cuya capacidad de templado sea suficiente con la finalidad de obtener una estructura homogénea sin que sea necesario realizar un templado en un medio de templado demasiado brusco. Efectivamente, cuanto más brusco es el medio de templado, más elevadas son las variaciones de velocidades de refrigeración en el interior del bloque y, por ello, más elevados son los riesgos de obtener una heterogeneidad de estructura. En cambio, cuando la capacidad de templado es suficiente, una refrigeración con aire, y en particular con aire lento, que conduce a unas diferencias relativamente modestas de refrigeración entre la superficie y el núcleo permite obtener una estructura satisfactoria que entonces es bien homogénea. Naturalmente, estas condiciones de templado no tienen incidencia directa en el problema de las variaciones locales de dureza resultantes de las segregaciones.

20 **[0017]** Con la finalidad de obtener una capacidad de templado suficiente, se considera en general que es necesario utilizar composiciones químicas muy cargadas con elementos de aleación. Sin embargo, estos elementos de aleación tienen como efecto inducir segregaciones que pueden ser importantes.

25 **[0018]** Aunque generalmente se considere que, cuanto más elevada es la tendencia de los elementos de aleación a segregarse, más elevada es su incidencia en la separación de dureza de las venas segregadas, los inventores han constatado de manera totalmente nueva e inesperada que no había correlación entre la intensidad del sobre-endurecimiento en vena segregada en elementos de aleación y las propensiones respectivas a segregarse de cada uno de estos elementos de aleación.

30 **[0019]** La propensión a segregar de los elementos de aleación y sus efectos en las durezas de las venas segregadas se ilustra mediante los ensayos siguientes, en cuyo transcurso se han realizado seis coladas de acero en lingote de tres toneladas cuyas composiciones, expresadas en 10⁻³% en peso, se indican en la tabla 1.

Tabla 1.

	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
1	170	200	1500	2800	100	1500
2	170	500	1500	2800	100	1500
3	170	200	2800	2800	100	1500
4	170	200	1500	1300	100	1500
5	170	200	1500	2800	400	1500
6	170	200	1500	2800	100	200

35 **[0020]** Estos lingotes se han laminado para hacer a partir de ellos chapas gruesas de 50 mm que han sido recortadas de tal manera que puedan constituir muestras en las cuales se han medido a la vez la dureza media y los endurecimientos debidos a las segregaciones. Las muestras extraídas de cada una de las chapas se han examinado por un lado en el estado bruto de refrigeración en el cual tenían una estructura martensítica, y por otro lado en el estado revenido a una temperatura de 500°C en el cual tenían una estructura martensítica revenida.

40 **[0021]** En cada una de las muestras, se han medido de forma concurrente, en las venas segregadas:

45 - las concentraciones de segregación medias de cada una de las diferentes aleaciones (Si, Mn, Cr, Mo, Ni) mediante dosificaciones con microsonda. La tendencia a segregar propia de cada elemento se ha caracterizado con el ratio (%) que da cuenta de la separación entre composición media en vena segregada Cv y composición en la colada C0 y el valor de esta última (es decir: (Cv - C0)/C0);

50 - la dureza media de las venas segregadas, mediante ensayos clásicos de tipo Vickers a 300 g. El sobreendurecimiento en venas corresponde a la separación entre la dureza media de las venas y la de la matriz que envuelve a las venas. Comparando a continuación estas medidas entre coladas tomadas dos a dos, se puede deducir la contribución al sobre-endurecimiento en venas atribuible específicamente a la segregación de cada elemento de aleación. La parte de sobre-endurecimiento en venas atribuible a un elemento es la resultante de la segregación de este elemento es decir, por definición, el producto de la concentración nominal en este elemento por su concentración de segregación. Consecuentemente se compararán de forma válida los elementos en lo que se refiere a su nocividad con respecto llevando cada vez la contribución al sobre-endurecimiento a un mismo nivel de referencia de concentración nominal (se ha escogido arbitrariamente 0,2%).

[0022] Así, a título de ejemplo, la separación de dureza media de 33 HV encontrada entre las coladas 1 y 3 (con 1,5% y 2,8 % de Mn) conduce a evaluar un sobre-endurecimiento de $33 \times (0,2\% / 1,3\%) = 5$ Hv para 0,2 % de Mn (cf. Tabla siguiente).

5 **[0023]** Los resultados se han representado en la siguiente tabla 2.

Tabla 2.

Elementos de aleación	Tendencia propia del elemento a segregarse	Efecto de sobre-endurecimiento (Hv) constatado en venas segregadas con 0,2% de aleación (tras el revenido)
Si	35%	8
Cr	26%	17
Mn	42%	5
Mo	67%	70
Ni	32%	3

10 **[0024]** Expresada en términos cualitativos, la tendencia propia de cada elemento a segregarse y su efecto de endurecimiento en vena segregada se indican en la tabla 3 siguiente.

Tabla 3.

Elementos de aleación	Tendencia propia del elemento a segregarse	Efectos de sobre-endurecimiento (Hv) constatados en venas segregadas
Si	Media	Reducido
Cr	Reducida	Medio
Mn	Bastante Fuerte	Muy reducido
Mo, V	Fuerte	Muy fuerte
Ni	Medio	Muy reducido

15 **[0025]** A la vista de estos resultados, resulta que, contrariamente a las ideas generalmente admitidas, con la finalidad de obtener una muy buena capacidad de templado teniendo a la vez una segregación reducida, es deseable escoger una composición que comprenda mucho manganeso, poco cromo y poco molibdeno, también puede ser interesante prever mucho níquel. Sin embargo, al ser el níquel un elemento muy costoso, es preferible más bien utilizar manganeso que níquel.

20 **[0026]** A partir de estos resultados, resulta que, para realizar aceros que permiten fabricar piezas de dimensiones muy grandes con prestaciones elevadas y con variaciones de dureza resultantes de las segregaciones relativamente reducidas, es deseable utilizar un acero cuya composición satisface las condiciones siguientes:

25 - carbono: de 0,03% a 0,2% en % en peso, este elemento tiene como efecto principal el de actuar sobre la dureza de la martensita, también su concentración se escoge en función del nivel de dureza que se desea obtener sobre las piezas. Para determinar la concentración de carbono en función de la dureza objetivo, se puede por ejemplo dividir la escala de dureza por tramos de 40HB, entre 320HB y 440HB. Estos dominios corresponden aproximadamente a unos dominios clásicos de utilización de los aceros resistentes a la abrasión o aceros para herramientas.

30 **[0027]** También se pueden considerar los dominios de concentración de carbono siguientes, de 0,03% a 0,06% de carbono, de 0,07% a 0,15%, de 0,16% a 0,20% de carbono. A cada uno de estos dominios de concentración de carbono le corresponde, para un tratamiento térmico determinado, un ámbito de dureza. Efectivamente, según que el acero haya padecido un revenido aproximadamente a 550°C o no haya padecido de revenido o solamente haya padecido un tratamiento a una temperatura sensiblemente inferior a 500°C, el nivel de dureza para una
35 concentración de carbono idéntica no es el mismo. De manera general, el ámbito de dureza más reducido corresponde a la concentración de carbono más reducida y el ámbito de dureza más elevado a la concentración de carbono más elevada. Sin embargo, las fronteras de estos dominios de concentración de carbono correspondientes a las durezas varían ligeramente en función de las concentraciones de los otros elementos de aleación y en función de la velocidad de refrigeración, y también en función del tratamiento térmico que se realiza sobre las piezas.

40 **[0028]** Esta segmentación se ilustra mediante un ejemplo de acero cuya composición comprende aparte del carbono: 0,15% de silicio, 3,3% de manganeso, 3% de cromo, 0,25% de molibdeno. En la figura 1, se ha representado la evolución de la dureza en función de la concentración de carbono para bloques que han sido enfriados por aire tras normalización a 900°C tras un laminado en caliente previo. El primer bloque ha padecido un
45 revenido a 480°C y el segundo a 550°C. Como se ve en la figura, el bloque que ha sido revenido a la temperatura de 480°C tiene una dureza de 360HB para una concentración de carbono de 0,1 % mientras que el mismo acero revenido a 550°C tiene una dureza de solamente 320 HB. Asimismo, cuando el acero contiene aproximadamente 0,2% de carbono, el bloque revenido a 480°C tiene una dureza del orden de 440HB mientras que el bloque que ha sido revenido a 560°C tiene una dureza de 375HB. La concentración mínima de carbono 0,03% corresponde a un
50 valor más allá del cual la segregación que se endurece y el interés ligado a su reducción se vuelven muy reducidas.

Se notará que las durezas obtenidas varían poco por la aplicación de un revenido a partir del momento en que su temperatura no sobrepasa sensiblemente 480°C. Estos resultados son aplicables también a chapas.

- 5 - silicio: Este elemento que sirve en especial para desoxidar el baño de acero líquido durante la elaboración con una concentración en general superior a 0,025% y preferentemente superior a 0,05% o que incluso puede sobrepasar 0,1 %. Sin embargo, la concentración de este elemento debe permanecer inferior a 0,49%, y preferentemente inferior a 0,35%, incluso preferentemente inferior a 0,19%, y, si ello es posible teniendo en cuenta exigencias de desoxidación del baño, permanecer inferior a 0,1%. Efectivamente, el silicio es un elemento que tiende a aumentar de manera muy importante la segregación masiva en la cabeza de lingote (segregación llamada mayor), la cual sirve a continuación para alimentar las venas segregadas que son por lo tanto más numerosas cuanto mayor es la segregación en la cabeza de lingote. Además, el silicio tiende a degradarse la conductibilidad térmica del acero, lo cual puede ser desfavorable en determinadas aplicaciones tales como, en especial, los moldes de moldeado de materia plástica. Finalmente, el silicio tiene un efecto nefasto en la sensibilidad a la fragilidad del revenido reversible, que hay que tener en cuenta, en especial cuando las velocidades de refrigeración de los productos son reducidas, lo cual es el caso en aplicaciones que implican a este acero.
- 10
- 15
- 20 - cromo: Este elemento tiene un efecto favorable en la capacidad de templado y, debido a su tendencia para formar carburos, tiene un efecto favorable en la resistencia al suavizado en el revenido, y el efecto de sobre-endurecimiento en las venas segregadas es mucho menos marcado que el del molibdeno o del tungsteno debe añadirse en concentraciones preferentemente superiores a 1 % y mejor aún superiores a 2,5%, pero deben permanecer inferiores a 5%, y preferentemente inferiores a 3,5% y mejor aún comprendidas entre 2,7% y 3% con la finalidad de obtener a la vez la capacidad de templado suficiente, la resistencia al suavizado en el revenido satisfactorio y al mismo tiempo sin conducir a unos sobre-endurecimientos demasiado elevados de las zonas segregadas.
- 25
- 30 - molibdeno y tungsteno: estos dos elementos, que tienen una tendencia muy marcada a formar carburos favorables a una buena resistencia al suavizado en el revenido, presentan sin embargo el inconveniente de tener un efecto muy importante en los sobre-endurecimientos de las zonas segregadas. También, como el tungsteno tiene el mismo efecto que el molibdeno a razón de 2% de tungsteno para 1 % de molibdeno, se limitará la suma $Mo + W/2$ a 1 %, preferentemente a 0,5%, incluso a 0,3%, como máximo.
- 35
- 40 - vanadio, Niobio: como estos elementos tienen efectos extremadamente desfavorables en las sobre-durezas de las zonas segregadas, el acero no será objeto de adiciones voluntarias de vanadio o niobio que podrán, sin embargo, existir en el estado de residuos, debiendo la concentración de vanadio permanecer inferior a 0,010% e incluso, inferior a 0,005%, y debiendo la concentración de niobio permanecer inferior a 0,050% e incluso, inferior a 0,010%.
- 45
- 50 - manganeso: este elemento tiene un efecto muy favorable en la capacidad de templado y también tiene la ventaja de tener un efecto muy modesto en las sobre-durezas de las zonas segregadas. Por ello, se utiliza preferentemente para obtener la capacidad de templado. También, la concentración de manganeso está comprendida entre 3% y 4% de manera que el efecto combinado del manganeso y del carbono en la capacidad de templado sea suficiente.
- 55
- 60 - níquel: Este elemento a un efecto favorable sur la capacidad de templado y un efecto modesta sur les sobre-durezas des zonas segregadas. Sin embargo, este elemento es muy costoso, también su concentración es inferior a 0,9% y preferentemente inferior a 0,5% y que incluso mejor aún tenga apneas niveles residuales.
- 65
- 70 - cobre: la concentración de este elemento que está a menudo presente en forma de residuo debe permanecer inferior a 0,9%, preferentemente inferior a 0,4% y incluso mejor aún más reducida, inferior a 0,2% puesto que este elemento no tiene un efecto especialmente favorable en las propiedades del acero considerado.
- 75
- 80 - aluminio: este elemento que tiene un efecto favorable en la desoxidación del baño de acero líquido en el transcurso de elaboración y que, en el estado sólido, permite controlar el tamaño del grano de austenita por formación de nitruro de aluminio, tiene una concentración inferior a 0,1%. Cuando se desea que los sulfuros eventualmente formados formen glóbulos y que puedan formar redes alargadas que son fuentes de desprendimientos, se prefiere añadir de 0,040 a 0,60 % de aluminio.
- 85
- 90 - azufre, Se, Te: el azufre que es una impureza siempre presente al menos en el estado de trazas, puede tener un efecto favorable en la facilidad de mecanizado. Sin embargo, si las concentraciones son demasiado elevadas tiene un efecto desfavorable en la tenacidad, y eventualmente en la capacidad de pulido de los aceros. El selenio y el telurio, tienen unos efectos comparables al del azufre a razón de 2 partes de selenio para 1 parte de azufre o de 3 partes de telurio para 1 parte de azufre. También, en especial para aplicaciones que requieren una buena aptitud para el pulido, la suma $S + Se/2 + Te/3$ está en el estado de trazas o superior a 0,005%, pero permanece, en cualquier caso, inferior a 0,020%.

[0029] El resto de la composición está constituido por hierro e impurezas resultantes de la elaboración.

[0030] Para fabricar piezas hechas de acero que se acaban de describir, se empieza por elaborar un acero con la composición que se escoge, luego se cuela este acero en forma de un semi-producto, por ejemplo un lingote, que se conforma por deformación plástica en caliente, ya sea por forjado o por laminado.

5 **[0031]** La pieza así obtenida que constituye un bloque de acero o una chapa se utiliza entonces o bien en el estado bruto de laminado o de forjado, ya sea después de un tratamiento térmico adaptado para la utilización prevista que el experto en la materia sabe escoger.

10 **[0032]** El estado bruto de laminado o de forjado se utiliza en especial para aplicaciones tales como la fabricación de piezas destinadas a resistir el desgaste en la industria mineral o las obras públicas, aplicaciones en las cuales el coste del acero es un elemento muy importante de selección.

15 **[0033]** Cuando se desean propiedades más precisas, las piezas, las chapas o los bloques brutos de forjado o de laminado eventualmente recortado o pre-mecanizados se austenizan mediante calefacción a una temperatura superior a la temperatura AC_3 , y en general del orden de $900^{\circ}C$ y luego se temple n por refrigeración con aire libre, en particular aire lento, o eventualmente en un medio de templado que proporciona una refrigeración un poco más rápida pero sin que eso se busque. Esta austenitización seguida de una refrigeración con aire tiene es interesante porque refuerza la relación entre el límite de elasticidad y la resistencia a la tracción.

20 **[0034]** Se notará que el tratamiento de templado puede, si es necesario, ser realizado directamente en la cuba de conformado por deformación plástica en caliente, si esta ha sido realizada en condiciones de temperatura adaptadas. El experto en la materia sabe determinar estas condiciones.

25 **[0035]** Los bloques o las chapas ya estén en bruto por deformación en caliente o que hayan sido re-austenizados y refrigerados lentamente pueden ventajosamente ser sometidos a un tratamiento térmico de revenido a una temperatura superior a $450^{\circ}C$ pero inferior a $550^{\circ}C$. Este tratamiento de revenido que no cambia de manera significativa la dureza, tiene la ventaja de reducir el nivel de restricción residual en los depósitos o las piezas tales como salen directamente de los tratamientos precedentes.

30 **[0036]** Esta reducción de las restricciones internas es especialmente interesante en piezas de precisión obtenidas después de un mecanizado muy importante por retirada de materia. Desde este punto de vista, el tratamiento de re-austenización y de refrigeración lento tiene la ventaja con respecto al estado bruto de conformado en caliente el de relajar al menos una parte de las tensiones residuales.

35 **[0037]** Finalmente, el tratamiento de revenido puede tener la ventaja de reforzar un poco más la relación entre el límite de elasticidad y la resistencia a la tracción.

40 **[0038]** Según una variante, el tratamiento de revenido puede ser sustituido por un tratamiento de relajamiento de las tensiones a una temperatura comprendida entre $150^{\circ}C$ y $250^{\circ}C$.

[0039] Este tratamiento de relajamiento de las tensiones no conduce a variaciones apreciables de la dureza. En cambio, en general, conduce a una mejora significativa de la tenacidad, lo cual es útil a la vez para facilitar la realización de los productos y por otro lado para mejorar la duración de vida en servicio de las piezas.

45 **[0040]** Este tratamiento está especialmente adaptado a las piezas destinadas a trabajar en condiciones que necesitan una resistencia importante al desgaste por rozamiento de metal sobre metal que se encuentra en la industria de la mecánica, o el desgaste por abrasión que hay en las obras públicas, en las mines o las canteras.

50 **[0041]** A título de ejemplo, se han realizado dos coladas de acero referenciadas como 1 y 2, que se han comparado con aceros templados C1 y C2, ofrecidos a título de comparación.

55 **[0042]** Con estos aceros cuyas composiciones se dan en la tabla 4, se han fabricado chapas con un espesor de 150mm por laminado en caliente que, tras la refrigeración se han vuelto austenizar por calefacción a $900^{\circ}C$ y luego por refrigeración por aire.

Tabla 4.

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	H	dH	dH/ H (%)	Tf	Capacidad de soldadura	Economía
C1	0,24	0,2	1,3	0,3	1,9	0,49	-	310	65	21	150	+	++
C2	0,53	0,4	0,8	1,6	1,1	0,55	0,11	395	119	30	41	+	+
Acero inv 1 rev 550°C	0,11	0,10	3,4	0,2	2,9	0,28	-	340	41	12	135	+++	+++
Acero inv 2 rev 480°C	0,13	0,15	3,2	0,2	3,0	0,22	-	405	48	15	105	++	+++

5 **[0043]** En las chapas obtenidas, se han medido la dureza Brinell media (H), la separación (dH) de dureza entre las partes más duras de las zonas segregadas y las partes las menos duras de las chapas, la relación entre la separación de dureza y la densidad media (dH/H en %), se ha evaluado la capacidad de mecanizado durante un tiempo de fresado (Tf), la capacidad para ser soldado y el interés económico del acero.

10 **[0044]** Los resultados indicados también en la tabla 4 muestran que los aceros según la invención, aunque tengan durezas que pueden ser relativamente elevadas porque se escalonan entre 340HB y 405HB, tienen unas variaciones de dureza que representan menos de 15% de la dureza media frente a más de 20% en aceros según el estado de la técnica. Además, estos aceros tienen una capacidad de mecanizado satisfactoria, una aptitud para la soldadura mejor que la de los aceros ofrecidos a título de comparación y son más económicos.

REIVINDICACIONES

1. Bloque o chapa de acero de alta resistencia cuya composición química comprende, en peso:

$$0,03\% \leq C < 0,2\%$$

$$Si \leq 0,49\%$$

$$3\% < Mn \leq 4\%$$

$$Ni \leq 0,9\%$$

$$1\% \leq Cr \leq 5\%$$

$$Mo + W/2 \leq 1\%$$

$$Cu \leq 0,9\%$$

$$S + Se/2 + Te/3 < 0,020\%$$

$$Al \leq 0,1\%$$

5 siendo el resto hierro e impurezas resultantes de la elaboración, **caracterizado por el hecho de que** el bloque o la chapa tiene un espesor superior a 20 mm, el acero tiene una estructura bainítica, martensito-bainítica o martensítica **y por el hecho de que** la separación de dureza Brinell entre las zonas más duras y las zonas menos duras del bloque o de la chapa, resultantes de las venas segregadas, es inferior a 20% de la dureza Brinell media del bloque.

10 2. Bloque o chapa de acero de alta resistencia según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la composición química es tal que:

$$Cr > 2,5\%$$

3. Bloque o chapa de acero de alta resistencia según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizado por el hecho de que:**

$$Cr < 3,5\%$$

15 4. Bloque o chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por el hecho de que:**

$$Ni < 0,5\%$$

5. Bloque o chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por el hecho de que:**

$$Cu < 0,4\%$$

20 6. Bloque o chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por el hecho de que:**

$$Mo + W/2 \leq 0,3\%$$

7. Bloque o chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** la composición química es tal que:

$$2,7\% \leq Cr \leq 3\%$$

$$Mo \leq 0,3\%$$

5 **8.** Procedimiento para fabricar un bloque o una chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por el hecho de que**, después de la conformación por deformación plástica en caliente por forjado o por laminado, se realiza un templado por refrigeración con aire.

10 **9.** Procedimiento para fabricar un bloque o una chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por el hecho de que**, después de la conformación por deformación plástica en caliente por forjado o por laminado, se realiza una austenitización a la cual le sigue un templado por refrigeración con aire.

