



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 309 377**

51 Int. Cl.:
C21D 1/19 (2006.01)
C22C 38/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03782551 .0**
96 Fecha de presentación : **13.11.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1563104**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.08.2005**

54 Título: **Procedimiento para fabricar una chapa de acero resistente a la abrasión y la chapa obtenida.**

30 Prioridad: **19.11.2002 FR 02 14424**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.12.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.12.2008

73 Titular/es: **INDUSTEEL CREUSOT**
Immeuble "La Pacific", 11/13
cours Valmy, La Defense 7
92800 Puteaux, FR

72 Inventor/es: **Beguilot, Jean y**
Brisson, Jean-Georges

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 309 377 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).

ES 2 309 377 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para fabricar una chapa de acero resistente a la abrasión y la chapa obtenida.

5 La presente invención es relativa a un acero resistente a la abrasión y su procedimiento de fabricación.

Los aceros resistentes a la abrasión son bien conocidos y son, por lo general, aceros con dureza elevada (comprendida entre 400 y 500 Brinell) que tienen una estructura martensítica, y que contienen de 0,12% a 0,3% de carbono. Generalmente es admitido que para aumentar la resistencia al desgaste basta con aumentar la dureza, pero esto se hace en detrimento de otras propiedades tales como la aptitud para la soldadura o la conformación por plegado, por ejemplo. También, a fin de obtener aceros que tengan a la vez una muy buena resistencia al desgaste y una buena aptitud para la utilización, se han buscado otros medios además del aumento de la dureza.

Es así que se ha propuesto en la EP 0527 276 y en la US 5,393,358 mejorar la resistencia a la abrasión de un acero que contenga de 0,05% a 0,45% de carbono, hasta 1% de silicio, hasta 2% de manganeso, hasta 2% de cobre, hasta 10% de níquel, hasta 3% de cromo, hasta 3% de molibdeno, boro, niobio, y vanadio, añadiendo de 0,015% a 1,5% de titanio, de manera que se formen carburos pesados de titanio. Este acero es temple y comprende por esto una estructura martensítica, el aumento de la resistencia a la abrasión es obtenido por la presencia de carburos pesados de titanio. Pero, más particularmente cuando el acero es colado en lingotes, este mejoramiento es limitado porque, bajo el efecto de los medios abrasivos, los carburos se deterioran y dejan de cumplir su rol. Además, en estos aceros, la presencia de carburos pesados de titanio deteriora la ductilidad. Resulta de esto que las chapas fabricadas con estos aceros son difíciles de aplanar y de plegar, lo que limita sus posibles utilizaciones.

La finalidad de la presente invención es remediar estos inconvenientes, al proponer una chapa de acero resistente a la abrasión que tenga una buena planidad y que, a su vez por otra parte, presente una resistencia a la abrasión, mejor que la de los aceros conocidos.

A este efecto, la invención tiene por objeto un procedimiento para fabricar una pieza, y en particular una chapa, de acero para la abrasión cuya composición química comprende, en peso:

30 $0,35\% \leq C \leq 0,8\%$

$$0\% \leq Si \leq 2\%$$

35 $0\% \leq Al \leq 2\%$

$$0,35\% \leq Si + Al \leq 2\%$$

$$0\% \leq Mn \leq 2,5\%$$

40 $0\% \leq Ni \leq 5\%$

$$0\% \leq Cr \leq 5\%$$

45 $0\% \leq Mo \leq 0,50\%$

$$0\% \leq W \leq 1,00\%$$

$$0,1\% \leq Mo + W/2 \leq 0,50\%$$

50 $0\% \leq Cu \leq 1,5\%$

$$0\% \leq B \leq 0,02\%$$

$$0\% \leq Ti \leq 2\%$$

55 $0\% \leq Zr \leq 4\%$

$$0,05\% \leq Ti + Z/2 \leq 2\%$$

60 $0\% \leq S \leq 0,15\%$

$$N \leq 0,03\%$$

65 - eventualmente al menos un elemento tomado entre Nb, Ta y V en contenidos tales que $Nb/2 + Ta/4 + V \leq 0,5\%$

- eventualmente al menos un elemento tomado entre Se, Te, Ca, Bi, Pb en contenidos inferiores o iguales a 0,1%,

ES 2 309 377 T3

el resto siendo hierro e impurezas resultantes de la elaboración, la composición química satisfaciendo además las siguientes relaciones, con $C^* = C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8$:

$$0,10\% \leq C^* \leq 0,55\%$$

5

y:

$$Ti + Zr/2 - 7xN/2 \geq 0,05\%$$

10

y:

$$1,05xMn + 0,54xNi + 0,50xCr + 0,3x(Mo + W/2)^{1/2} + K > 1,8 \text{ ó mejor } 2 \text{ con: } K = 0,5 \text{ si } B \geq 0,0005\% \text{ y } K = 0 \text{ si } B < 0,0005\%,$$

15

según este procedimiento, se somete la pieza o la chapa a un tratamiento térmico de temple, efectuado al calor de la conformación en caliente tal como el laminado o después de la austenización por recalentamiento en un horno, que consiste en:

20

- enfriar la pieza o la chapa a una velocidad de enfriamiento promedio superior a $0,5^\circ \text{C/s}$ entre una temperatura superior a AC_3 y una temperatura comprendida entre $T = 800 - 270xC^* - 90xMn - 37xNi - 70xCr - 83x(Mo + W/2)$, y $T - 50^\circ\text{C}$, la temperatura siendo expresada en $^\circ\text{C}$ y los contenidos de C^* , Mn, Ni, Cr, Mo y W, siendo expresadas en % en peso,

25

- luego enfriar la pieza o la chapa a una velocidad de enfriamiento promedio en el corazón $V_r < 1150xep^{-1.7}$ (en $^\circ\text{C/s}$) y superior a $0,1^\circ\text{C/s}$ entre la temperatura T y 100°C , siendo ep el espesor de la pieza o la chapa expresado en mm,

- y en enfriar la pieza o la chapa hasta la temperatura ambiente, eventualmente, se efectúa un aplanamiento.

30

Eventualmente, el temple puede estar seguido por un revenido a una temperatura inferior a 350°C , y de preferencia inferior a 250°C .

35

La invención se refiere igualmente a una pieza, y específicamente a una chapa obtenida específicamente por este procedimiento, el acero teniendo una estructura constituida de 5% a 20% de austenita retenida, el resto de la estructura siendo martensítica o martensito-bainítica con carburos. Cuando la pieza es una chapa, su espesor puede estar comprendido entre 2 mm y 150 mm y su planidad puede estar caracterizada por una flecha inferior o igual a 12 mm/m, y de preferencia inferior a 5 mm/m.

Cuando el contenido de carbono es tal que:

40

$$0,1\% \leq C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,2\%$$

la dureza está, de preferencia, comprendida entre 280 HB y 450 HB.

45

Cuando el contenido de carbono es tal que:

$$0,2\% < C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,3\%$$

50

la dureza está, de preferencia, comprendida entre 380 HB y 550 HB.

Cuando el contenido de carbono es tal que:

55

$$0,3\% < C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,5\%$$

la dureza está, de preferencia, comprendida entre 450 HB y 650 HB.

60

La invención ahora va a ser descrita de forma más precisa pero no limitativa y a ser ilustrada por ejemplos.

Para fabricar una chapa de acuerdo con la invención, se elabora un acero cuya composición química comprende, en % en peso:

65

- de 0,35% a 0,8% de carbono, y de preferencia, más de 0,45%, incluso más de 0,5%, y de 0% a 2% de titanio, de 0% a 4% de zirconio, estos contenidos deben ser tales que: $0,05\% \leq Ti + Zr/2 \leq 2\%$. El carbono está destinado por una parte a obtener una estructura martensítica suficientemente dura, por otra parte a formar carburos de titanio y/o de zirconio. La suma $Ti + Zr/2$ debe ser superior a 0,05%, de preferencia superior a 0,10%, y mejor aún, superior a 0,3%, o incluso superior a 0,5% para que tenga un mínimo de

ES 2 309 377 T3

carburos formados, pero debe permanecer inferior a 2%, y de preferencia inferior o igual a 0,9%, porque más allá, la tenacidad y la aptitud para la utilización son deterioradas.

- 5 - De 0% (o trazas) a 2% de silicio y de 0% (o trazas) a 2% de aluminio, la suma Si+Al estando comprendida entre 0,35% y 2% y preferiblemente superior a 0,5%, y mejor aún, superior a 0,7%. Estos elementos, que son desoxidantes, tienen además por efecto favorecer la obtención de una austenita retenida meta-estable fuertemente cargada de carbono cuya transformación en martensita se acompaña de un inflado significativo que favorece el arraigamiento de los carbonos de titanio.
- 10 - De 0% (o trazas) a 2% o incluso 2,5% de manganeso, de 0% (o trazas) a 4% o incluso 5% de níquel y de 0% (o trazas) a 4% o incluso 5% de cromo, para obtener una capacidad de temple suficiente y ajustar las diferentes características mecánicas o de empleo. El níquel tiene, en particular un efecto favorable en la tenacidad, pero este elemento es caro. El cromo forma igualmente finos carburos en la martensita o la bainita.
- 15 - De 0% (o trazas) a 0,50% de molibdeno. Este elemento aumenta la capacidad de temple y forma en la martensita o en la bainita finos carburos que se endurecen en particular por precipitación por auto revenido durante el enfriamiento. No es necesario sobrepasar una proporción de 0,50% para obtener el efecto deseado en particular en lo que concierne a la precipitación de carburos que se endurecen. El molibdeno puede ser reemplazado, completamente o en parte, por un peso doble de tungsteno. Sin embargo esta sustitución no es buscada en la práctica porque ella no ofrece ventajas en relación con el molibdeno y es más costosa.
- 20 - Eventualmente de 0% a 1,5% de cobre. Este elemento puede aportar un endurecimiento suplementario sin deteriorar la capacidad de soldadura. Más allá de 1,5%, ya no hay efecto significativo, engendra dificultades de laminado en caliente y tiene un costo inútilmente caro.
- 25 - De 0% a 0,02% de boro. Este elemento puede ser añadido de forma opcional a fin de aumentar la capacidad de temple. Para que este efecto sea obtenido, el contenido de boro debe, de preferencia, ser superior a 0,0005% o mejor a 0,001%, y no tiene necesidad de sobrepasar sensiblemente 0,01%.
- 30 - Hasta 0,15% de azufre. Este elemento es un residual en general limitado a 0,005% o menos, pero su contenido puede ser voluntariamente aumentada para mejorar su capacidad de utilización. Hay que remarcar que en presencia de azufre, para evitar dificultades de transformación en caliente, el contenido en manganeso debe ser superior a 7 veces el contenido de azufre.
- 35 - Eventualmente al menos un elemento tomado entre el niobio, el tantalio, y el vanadio, en contenidos tales que $Nb/2+Ta/4+V$ permanece inferior a 0,5% a fin de formar carburos relativamente pesados que mejoran el comportamiento a la abrasión. Pero los carburos formados por estos elementos son menos eficaces que los que son formados por el titanio o el zirconio, es por esto que ellos son opcionales y añadidos en cantidad limitada.
- 40 - Eventualmente uno o varios elementos tomados entre el selenio, el telurio, el calcio, el bismuto y el plomo en contenidos inferiores a 0,1% cada uno. Estos elementos son destinados a mejorar su capacidad de utilización. Hay que remarcar que, cuando el acero contiene Se y/o Te, el contenido de manganeso debe ser suficiente teniendo en cuenta el contenido de azufre para que puedan formarse seleniuros o telurios de manganeso.
- 45 - El resto siendo hierro e impurezas resultantes de la elaboración. Entre las impurezas, está en particular el nitrógeno cuyo contenido depende del procedimiento de elaboración pero no sobrepasa en general 0,03%. Este elemento puede reaccionar con el titanio o el zirconio para formar nitruros que no deben ser demasiado pesados para no deteriorar la tenacidad. A fin de evitar la formación de nitruros pesados, el titanio y el zirconio pueden ser añadidos en el acero líquido de forma muy progresiva, por ejemplo poniendo en contacto con el acero líquido oxidado una fase oxidada tal como una escoria cargada de óxidos de titanio o de zirconio, y luego desoxidando el acero líquido, de manera que se haga difundir lentamente el titanio o el zirconio desde la fase oxidada hacia el acero líquido.
- 50
- 55

Además, a fin de obtener propiedades satisfactorias, los contenidos de carbono, titanio, zirconio, y nitrógeno deben ser tales que:

$$0,1\% \leq C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,55\%$$

La expresión $C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 = C^*$ representa el contenido de carbono libre después de la precipitación de los carburos de titanio y de zirconio, teniendo en cuenta la formación de nitruros de titanio y de zirconio. Este contenido de carbono libre C^* debe ser superior a 0,1%, y de preferencia superior o igual a 0,22%, para tener una martensita que tenga una dureza mínima, pero más allá de 0,55% la tenacidad y la aptitud para la utilización son demasiado deterioradas.

ES 2 309 377 T3

Además, la composición química debe ser escogida de manera que la capacidad de temple del acero sea suficiente, teniendo en cuenta el espesor de la chapa que se desea fabricar. Por esto, la composición química debe satisfacer la relación:

$$5 \quad \text{Temp} = 1,05 \times \text{Mn} + 0,54 \times \text{Ni} + 0,50 \times \text{Cr} + 0,3 \times (\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + \text{K} > 1,8 \text{ o mejor } 2$$

con: $\text{K} = 0,5$ si $\text{B} > \text{o igual a } 0,0005\%$ y $\text{K} = 0$ si $\text{B} < 0,0005\%$,

10 Hay que remarcar que, más particularmente cuando Temp está comprendido entre 1,8 y 2, es preferible que el contenido de silicio sea superior a 0,5% de manera que se favorezca la formación de austenita retenida.

Además, los contenidos en Ti, Zr y N deben, de preferencia, ser tales que: $\text{Ti} + \text{Zr}/2 - 7 \times \text{N}/2 \geq 0,05\%$, y mejor superior a 0,1%, y mejor aún, superior a 0,3% para que el contenido de carburos sea suficiente.

15 Finalmente, y para obtener un buen comportamiento a la abrasión, la estructura micrográfica del acero está constituida por martensita o bainita o por una mezcla de estas dos estructuras, y por 5% a 20% de austenita retenida. Esta estructura comprende además carburos pesados de titanio o de zirconio, incluso carburos de niobio, tantalio o vanadio, formados a alta temperatura. Los inventores han constatado que la eficacia de los carburos pesados para el mejoramiento del comportamiento ante la abrasión podía estar influenciada por el deterioro prematuro de estos y que este deterioro podía ser evitado por la presencia de austenita meta-estable que se transforma en martensita fresca bajo el efecto de los fenómenos de abrasión. La transformación de la austenita meta-estable en martensita fresca haciéndose por inflado, esta transformación en la subcapa abrasada aumenta la resistencia al deterioro de los carburos y, así, mejora la resistencia a la abrasión.

25 Por otra parte, la dureza elevada del acero y la presencia de carburos de titanio que lo hacen más frágil imponen limitar tanto como sea posible las operaciones de aplanamiento. Desde este punto de vista, los inventores han constatado que haciendo más lento de forma suficiente el enfriamiento en el dominio de transformación bainito-martensítica, se reducen las deformaciones residuales de los productos, lo que permite limitar las operaciones de aplanamiento. Los inventores han constatado que al enfriar la pieza o la chapa a una velocidad de enfriamiento $V_r < 1150 \times e^{p-1,7}$, (en esta fórmula, e es el espesor de la chapa expresada en mm, y la velocidad de enfriamiento es expresada en °C/s) por debajo de una temperatura $T = 800 - 270 \times C^* - 90 \times \text{Mn} - 37 \times \text{Ni} - 70 \times \text{Cr} - 83 \times (\text{Mo} + \text{W}/2)$, (expresada en °C), por una parte se favorecía la obtención de una proporción significativa de austenita residual, y por otra parte, se reducían las limitantes residuales engendradas por los cambios de fase.

35 Para fabricar una chapa que tenga una buena resistencia a la abrasión y bien plana, se elabora el acero, se cuele en la forma de bloque o lingote. Se lamina en caliente el bloque o el lingote para obtener una chapa que se somete a un tratamiento térmico que permita a la vez obtener la estructura deseada y una buena planitud sin aplanamiento ulterior o con un aplanamiento limitado. El tratamiento térmico puede ser efectuado directamente al calor del laminado o realizado ulteriormente, eventualmente después de un aplanamiento en frío o a medio-calor.

Para realizar el procesamiento térmico:

- 45 - se calienta el acero por encima del punto AC_3 de manera de conferirle una estructura completamente austenítica,
- luego se le enfría a una velocidad de enfriamiento promedio superior a la velocidad crítica de transformación bainítica hasta una temperatura igual o ligeramente inferior (de menos de 50°C aproximadamente) a una temperatura $T = 800 - 270 \times C^* - 90 \times \text{Mn} - 37 \times \text{Ni} - 70 \times \text{Cr} - 83 \times (\text{Mo} + \text{W}/2)$, (expresada en °C),
- 50 - luego, entre la temperatura así definida (es decir comprendida entre T y $T - 50^\circ\text{C}$ aproximadamente) y 100°C aproximadamente, se enfría la chapa a una velocidad de enfriamiento promedio en el corazón V_r comprendida entre 0,1°C/s, para obtener una dureza suficiente, y $1150 \times e^{p-1,7}$ para obtener la estructura deseada,
- 55 - y se enfría la chapa hasta la temperatura ambiente, de preferencia, sin que esto sea obligatorio, a una lenta velocidad.

60 Además, se puede efectuar un tratamiento de expansión a una temperatura inferior o igual a 350°C, y de preferencia inferior o igual a 250°C.

Se obtiene así una chapa, cuyo espesor pueda estar comprendido entre 2 mm y 150 mm, teniendo una excelente planitud caracterizada por una flecha inferior a 12 mm por metro sin aplanamiento o con un aplanamiento moderado. La chapa tiene una dureza comprendida entre 280HB y 650HB. Esta dureza depende principalmente del contenido de carbono libre $C^* = C - \text{Ti}/4 - \text{Zr}/8 + 7 \times \text{N}/8$.

65 En función de los contenidos de carbono libre C^* , se pueden definir varios dominios que corresponden a niveles de dureza creciente, y en particular:

ES 2 309 377 T3

- a) $0,1\% \leq C^* \leq 0,2\%$, la dureza está comprendida entre 280HB y 450HB aproximadamente,
- b) $0,2\% < C^* \leq 0,3\%$, la dureza está comprendida entre 380HB y 550HB aproximadamente,
- c) $0,3\% < C^* \leq 0,5\%$, la dureza está comprendida entre 450HB y 650HB aproximadamente.

Siendo la dureza función del contenido de carbono libre C^* , la misma dureza puede ser obtenida con contenidos de titanio o zirconio muy diferentes. A dureza igual, la resistencia a la abrasión es más elevada cuando el contenido de titanio o zirconio es más significativo. Del mismo modo, a contenido de titanio o zirconio igual, la resistencia a la abrasión es mejor si la dureza es elevada. Además, la utilización del acero es más fácil si el contenido de carbono libre es más bajo, pero a contenido de carbono libre igual, la ductilidad es mejor si el contenido de titanio es más bajo. El conjunto de estas consideraciones permite seleccionar los contenidos de carbono y titanio o zirconio que conduzcan al conjunto de las mejores propiedades adaptadas a cada dominio de aplicación.

Según los niveles de dureza, las utilidades son por ejemplo:

- 280 a 450 HB: cortadillos, volquetes de camiones y de carretillas, blindajes de centrifugas, tolvas, moldes de muros,
- 380 a 550 HB: blindajes de trituradoras de percusión, lámina de ataque de bulldócer, láminas de volquetes recogedores, rejillas de cribas,
- 450 a 650 HB: chapas de blindaje de trituradoras de cilindros, refuerzos de cortadillos, refuerzos bajo lámina de ataque, escudo de lámina para espolón, borde de ataque.

A modo de ejemplo, se consideran chapas de aceros señaladas A a G de acuerdo con la invención y H a J según el arte anterior. Las composiciones químicas de los aceros, expresadas en $10^{-3}\%$ en peso, así como la dureza, el contenido de austenita residual de la estructura y un índice de resistencia al desgaste Rus, son reportados en la tabla 1.

TABLA 1

	C	Si	Al	Mn	Ni	Cr	Mo	W	Ti	B	N	HB	% aust	Rus
A	360	850	50	1300	500	700	100	500	400	2	6	460	10	1,42
B	640	850	50	400	1500	700	110	450	620	3	7	555	14	2,72
C	590	520	570	550	320	1850	470	-	540	-	7	570	12	2,24
D	705	460	630	1090	280	2450	430	100	825	-	7	580	13	3,14
E	690	370	25	740	310	2100	460	-	795	-	6	605	10	2,83
F	350	810	30	1200	270	1350	380		160	2	6	510	8	1,32
G	390	790	35	1210	250	1340	390		405	3	6	495	11	1,77
H	340	380	30	1260	470	820	370	-	410	3	6	475	1	0,86
I	315	330	25	1230	180	1360	395		165	2	6	515	2	0,7
J	367	315	30	1215	210	1375	405		430	2	5	500	2	1,01

El índice de resistencia al desgaste Rus varía como el logaritmo de la inversa de la pérdida de peso de una probeta prismática puesta en rotación en una bandeja que contiene granulados calibrados de cuarcita.

Todas las chapas tienen un espesor de 30 mm, y las chapas correspondientes a los aceros A a G han sido templadas de acuerdo con la invención, después de una austenización a 900°C.

Después de la austenización, las condiciones de enfriamiento son:

- para las chapas de acero B y D: enfriamiento a una velocidad promedio de 0,7°C/s por encima de la temperatura T definida más arriba, y a una velocidad promedio de 0,13°C/s por debajo, de acuerdo con la invención;
- para las chapas de acero A, C, E, F, G: enfriamiento a una velocidad promedio de 6°C/s por encima de la temperatura T definida más arriba, y a una velocidad promedio de 1,4°C/s por debajo, de acuerdo con la invención;

ES 2 309 377 T3

- para las chapas de acero H, I, J, dadas a modo de comparación: austenización a 900°C seguido de enfriamiento a una velocidad promedio de 20°C/s por encima de la temperatura T definida más arriba, y a una velocidad promedio de 12°C/s por debajo.

5 Las chapas de acuerdo con la invención tienen una estructura martensito-bainítica conteniendo de 5% a 20% de austenita retenida, mientras que las chapas dadas a modo de comparación tienen una estructura completamente martensítica, es decir, martensítica y no contienen más de 2 ó 3% de austenita retenida. Todas las chapas contienen carburos.

10 La comparación de las resistencias al desgaste, muestra que, a dureza y contenido de titanio cercanos, las chapas de acuerdo con la invención tienen un coeficiente Rus en promedio superior a 0,5 al de las chapas según el arte anterior. En particular, la comparación de los ejemplos A y H que difieren esencialmente por la estructura (contenido de austenita residual de 10% para A, estructura completamente martensítica para H) muestra la incidencia de la presencia de austenita residual en la estructura. Es de remarcar que la diferencia de contenido de austenita residual resulta a la vez
15 de la diferencia entre los tratamientos térmicos y de la diferencia entre los contenidos de silicio.

Se puede observar además que, manteniendo todas las cosas sensiblemente iguales, la contribución a la resistencia al desgaste atribuible a los carburos de titanio es significativamente más elevada cuando su presencia está combinada con la de la austenita residual, de acuerdo con la invención, que cuando estos carburos son precipitados en el seno de una matriz esencialmente desprovista de austenita residual. Así para diferencias similares de contenidos de titanio (y por consiguiente de TiC, el carbono está siempre en exceso), el par de aceros F, G (de acuerdo con la invención) se diferencia netamente del par de aceros I, J, en término de ganancia de contenido aportada por el titanio. Para F, G, la ganancia de resistencia Rus aportada por 0,245% de Ti es de 0,46, mientras que no es más que de 0,31 para una diferencia de un 0,265% de Ti en el caso del par I, J.

25 Esta observación es atribuible al efecto de engaste incrementado de los carburos de titanio por la matriz que los rodea, cuando ésta contiene austenita residual susceptible de transformarse en martensita dura con inflado bajo el efecto de medios abrasivos.

30 Por otra parte, la deformación después del enfriamiento, sin aplanamiento, para las chapas de acero de acuerdo con la invención es inferior a 10 mm/m, y es de aproximadamente 15 mm/m para la chapa de acero H.

35 Resulta de esto en la práctica, ya sea la posibilidad de entregar los productos sin aplanamiento, ya sea la ejecución de un aplanamiento para satisfacer una exigencia de planidad más severa (por ejemplo 5 mm/m) pero realizada más fácilmente y al introducir menos limitantes debido a la deformación original menor de los productos de acuerdo con la invención.

40

45

50

55

60

65

ES 2 309 377 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para fabricar una pieza, y por ejemplo una chapa, de acero resistente a la abrasión cuya composición química comprende, en peso:

$$0,35\% \leq C \leq 0,8\%$$

$$0\% \leq Si \leq 2\%$$

10

$$0\% \leq Al \leq 2\%$$

$$0,35\% \leq Si + Al \leq 2\%$$

15

$$0\% \leq Mn \leq 2,5\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 5\%$$

20

$$0\% \leq Mo \leq 0,50\%$$

$$0\% \leq W \leq 1,00\%$$

25

$$0,1\% \leq Mo + W/2 \leq 0,50\%$$

$$0\% \leq B \leq 0,02\%$$

$$0\% \leq Ti \leq 2\%$$

30

$$0\% \leq Zr \leq 4\%$$

$$0,05\% \leq Ti + Zr/2 \leq 2\%$$

35

$$0\% \leq S \leq 0,15\%$$

$$N < 0,03\%$$

40

- eventualmente de 0% a 1,5% de cobre,

- eventualmente al menos un elemento tomado entre Nb, Ta, y V en contenidos tales que $Nb/2 + Ta/4 + V \leq 0,5\%$,

45

- eventualmente al menos un elemento tomado entre Se, Te, Ca, Bi, Pb en contenidos inferiores o iguales a 0,1%,

el resto siendo hierro e impurezas resultantes de la elaboración, la composición química satisfaciendo además las relaciones siguientes:

50

$$0,1\% \leq C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,55\%$$

y

$$Ti + Zr/2 - 7xN/2 \geq 0,05\%$$

55

y

$$1,05xMn + 0,54xNi + 0,50xCr + 0,3x(Mo + W/2)^{1/2} + K > 1,8$$

60

con $K = 0,5$ si $B \geq 0,0005\%$ y $K = 0$ si $B < 0,0005\%$

según el cual se somete la pieza o la chapa a un tratamiento térmico de temple, efectuado al calor de la conformación en caliente y por ejemplo de laminado o después de la austenización por recalentamiento en un horno, para realizar el temple:

65

- se enfría la pieza o la chapa a una velocidad de enfriamiento promedio superior a $0,5^\circ\text{C/s}$ entre una temperatura superior a AC_3 y una temperatura comprendida entre $T = 800 - 270xC^* - 90xMn - 37xNi - 70xCr - 83x(Mo + W/2)$, con $C^* = C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8$, y $T - 50^\circ\text{C}$,

ES 2 309 377 T3

- luego se enfría la pieza o la chapa a una velocidad de enfriamiento en el corazón $V_r < 1150xep^{-1,7}$ y superior a $0,1^\circ\text{C/s}$ entre la temperatura T y 100°C , siendo e el espesor de la pieza o la chapa expresada en mm,
- se enfría la pieza o la chapa hasta la temperatura ambiente y se efectúa, eventualmente, un aplanamiento.

5 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque:

$$1,05xMn + 0,54xNi + 0,50xCr + 0,3x(Mo + W/2)^{1/2} + K > 2$$

10 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó la reivindicación 2 **caracterizado** porque:

$$C > 0,45\%$$

15 4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque:

$$Si + Al > 0,5\%$$

20 5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque:

$$Ti + Zr/2 > 0,10\%$$

25 6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque:

$$Ti + Zr/2 > 0,30\%$$

30 7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque:

$$C^* \geq 0,22\%$$

35 8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque, además, se efectúa un revenido a una temperatura inferior o igual a 350°C .

40 9. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque para añadir el titanio al acero, se coloca acero líquido en contacto con una escoria que contiene titanio y se hace difundir lentamente el titanio de la escoria en el acero líquido.

10. Pieza, y en particular chapa, de acero resistente a la abrasión cuya composición química comprende, en peso:

$$0,35\% \leq C \leq 0,8\%$$

$$0\% \leq Si \leq 2\%$$

$$0\% \leq Al \leq 2\%$$

$$0,35\% \leq Si + Al \leq 2\%$$

$$0\% \leq Mn \leq 2,5\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 5\%$$

$$0\% \leq Mo \leq 0,50\%$$

$$0\% \leq W \leq 1,00\%$$

$$0,1\% \leq Mo + W/2 \leq 0,50\%$$

$$0\% \leq B \leq 0,02\%$$

$$0\% \leq Ti \leq 2\%$$

$$0\% \leq Zr \leq 4\%$$

ES 2 309 377 T3

$$0,05\% \leq \text{Ti} + \text{Zr}/2 \leq 2\%$$

$$0\% \leq \text{S} \leq 0,15\%$$

5
$$\text{N} < 0,03\%$$

- eventualmente de 0% a 1,5% de cobre,

10 - eventualmente al menos un elemento tomado entre Nb, Ta y V en contenidos tales que $\text{Nb}/2 + \text{Ta}/4 + \text{V} \leq 0,5\%$,

- eventualmente al menos un elemento tomado entre Se, Te, Ca, Bi, Pb en contenidos inferiores o iguales a 0,1%,

15 el resto siendo hierro e impurezas resultantes de la elaboración, la composición química satisfaciendo además las relaciones siguientes:

$$0,1\% \leq \text{C} - \text{Ti}/4 - \text{Zr}/8 + 7\text{xN}/8 \leq 0,55\%$$

20 y

$$\text{Ti} + \text{Zr}/2 - 7\text{xN}/2 \geq 0,05\%$$

25 y

$$1,05\text{xMn} + 0,54\text{xNi} + 0,50\text{xCr} + 0,3\text{x}(\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + \text{K} > 1,8$$

con $\text{K} = 0,5$ si $\text{B} \geq 0,0005\%$ y $\text{K} = 0$ si $\text{B} < 0,0005\%$

30 cuya planidad está **caracterizada** por una flecha inferior a 12 mm/m, teniendo el acero una estructura martensítica o martensito-bainítica, dicha estructura conteniendo además de 5% a 20% de austenita retenida y carburos.

11. Pieza de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizada** porque:

35
$$1,05\text{xMn} + 0,54\text{xNi} + 0,50\text{xCr} + 0,3\text{x}(\text{Mo} + \text{W}/2)^{1/2} + \text{K} > 2$$

12. Pieza de acuerdo con la reivindicación 10 ó la reivindicación 11, **caracterizada** porque:

40
$$\text{C} > 0,45\%$$

13. Pieza de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizada** porque:

45
$$\text{Si} + \text{Al} > 0,5\%$$

14. Pieza de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizada** porque:

50
$$\text{Ti} + \text{Zr}/2 > 0,10\%$$

15. Pieza de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizada** porque:

55
$$\text{Ti} + \text{Zr}/2 > 0,30\%$$

16. Pieza de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, **caracterizada** porque:

60
$$\text{C}^* \geq 0,22\%$$

17. Pieza de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, **caracterizada** porque la misma es una chapa de espesor comprendido entre 2 mm y 150 mm y cuya planidad está **caracterizada** por una flecha inferior a 12 mm/m.

65 18. Pieza de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, **caracterizada** porque la dureza está comprendida entre 280HB y 450 HB y:

$$0,1\% \leq \text{C} - \text{Ti}/4 - \text{Zr}/8 + 7\text{xN}/8 \leq 0,2\%$$

ES 2 309 377 T3

19. Pieza de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, **caracterizada** porque la dureza está comprendida entre 380 HB y 550 HB y:

5
$$0,2\% < C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,3\%$$

20. Pieza de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, **caracterizada** porque la dureza está comprendida entre 450 HB y 650 HB y:

10
$$0,3\% < C - Ti/4 - Zr/8 + 7xN/8 \leq 0,5\%$$

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65