

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 989 092**

(51) Int. Cl.:

C21D 8/02 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01)
C22C 38/24 (2006.01)
C22C 38/26 (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.09.2019 PCT/IB2019/057381**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **02.04.2020 WO20065422**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2019 E 19762232 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2024 EP 3856937**

(54) Título: **Chapa de acero laminada en caliente y un procedimiento de fabricación de la misma**

(30) Prioridad:

28.09.2018 WO PCT/IB2018/057549

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

25.11.2024

(73) Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26, Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

(72) Inventor/es:

**SARKAR, SUJAY;
MARCIREAU, GUILLAUME;
BANO, XAVIER y
OEHLER, BLANDINE**

(74) Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 989 092 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

Chapa de acero laminada en caliente y un procedimiento de fabricación de la misma

5 [0001] La presente invención se refiere a chapas de acero laminadas en caliente adecuadas para el uso como una chapa de acero para automóviles.

10 [0002] Se requieren que piezas automotrices satisfagan dos necesidades inconsistentes, a saber, facilidad de conformación y resistencia, pero un tercer requisito de mejora en el consumo de combustible en los últimos años también se otorga a los automóviles en vista de las preocupaciones medioambientales globales. Por lo tanto, ahora las piezas automotrices deben estar hechas de un material que tenga una alta conformabilidad con el fin de que se ajusten a los criterios de facilidad de ajuste en el ensamblaje complejo de automóviles y al mismo tiempo tienen que mejorar su resistencia en cuanto a la capacidad de absorción de energía de choque y a la durabilidad del vehículo mientras se reduce el peso del vehículo para mejorar la eficiencia en términos de consumo de combustible.

15 [0003] Por lo tanto, se han realizado esfuerzos intensos de investigación y desarrollo para reducir la cantidad de material utilizado en los automóviles al aumentar la resistencia del material. Por el contrario, un aumento en la resistencia de las chapas de acero disminuye la conformabilidad y, por lo tanto, se requiere el desarrollo de materiales que tengan tanto una alta resistencia como una alta conformabilidad.

20 [0004] Las investigaciones y desarrollos anteriores en el campo de las chapas de acero de alta resistencia y alta conformabilidad han dado como resultado varios procedimientos de producción de chapas de acero de alta resistencia y alta conformabilidad, algunos de los cuales se enumeran en esta solicitud para una apreciación concluyente de la presente invención:

25 El documento EP 1138796 reivindica un acero laminado en caliente con un límite de elasticidad muy alto y una resistencia mecánica utilizable en particular para la producción de piezas de automóviles, caracterizado por la siguiente composición en peso: 0,08 % <carbono<0,16 %, 1 %<manganoso<2 %, 0,02 % <aluminio<0,1 %, silicio<0,5 %, fósforo<0,03 %, azufre<0,01 %, vanadio<0,3 %, cromo<1 %, nitrógeno<0,015 %, molibdeno<0,6 %. Pero el acero del documento EP1138796 no demuestra una relación de expansión de orificios que sea esencial para la fabricación de

30 piezas de automóviles.

[0005] El documento EP2171112 es una invención que se refiere a una chapa de acero laminada en caliente que tiene una resistencia superior a 800 MPa y un alargamiento a la rotura superior al 10 %, y que tiene la siguiente composición en peso: 0,050 % ≤ C ≤0,090 %, 1 % < Mn ≤2 %, 0,015 % ≤ Al ≤0,050 %, 0,1 %≤ Si ≤0,3 %, 0,10 % ≤ Mo ≤0,40 %, S ≤0,010 %, P ≤0,025 %, 0,003 % ≤ N ≤0,009 %, 0,12 % ≤ V <0,22 %, Ti ≤0,005 %, Nb ≤0,020 % y opcionalmente Cr ≤0,45 %, consistiendo el resto en hierro e impurezas inevitables resultantes de la producción, donde la microestructura de la lámina o la pieza incluye, en fracción superficial, al menos un 80 % de bainita superior, consistiendo el resto opcional en bainita inferior, martensita y austenita residual, siendo la suma de los contenidos de martensita y austenita residual inferior al 5 %. Pero esta invención tampoco puede demostrar la relación de expansión de orificios requerida para partes de automóviles. El documento EP2987884A1 describe una lámina de acero laminada en caliente con un alargamiento y una capacidad de expansión de orificios excelentes.

[0006] El propósito de la presente invención es resolver estos problemas poniendo a disposición chapas de acero laminadas en caliente que tienen simultáneamente:

45 - una resistencia máxima a la tracción superior o igual a 940 MPa y preferentemente superior a 960 MPa,
- un alargamiento total superior o igual al 8 % y preferentemente superior al 9 %.
- un coeficiente de dilatación de los orificios igual o superior al 40 % y preferentemente superior al 45 %.

50 [0007] En una realización preferida, las chapas de acero según la invención también pueden presentar un límite elástico de 750 MPa o más.

[0008] En una realización preferida de la invención, las chapas de acero según la invención también pueden presentar una relación entre el límite elástico y la resistencia a la tracción de 0,5 o más.

55 [0009] Preferentemente, tal acero también puede tener una buena idoneidad para la conformación, en particular, para el laminado y una buena soldabilidad y buena capacidad de revestimiento.

[0010] Otro objeto de la presente invención es también poner a disposición un procedimiento para la fabricación de estas chapas que sea compatible con las aplicaciones industriales convencionales a la vez que robusto con respecto a los cambios de los parámetros de fabricación.

[0011] La chapa de acero laminada en caliente de la presente invención puede recubrirse opcionalmente con zinc o aleaciones de zinc, para mejorar su resistencia a la corrosión.

65

- [0012]** El carbono está presente en el acero entre 0,11% y 0,16%. El carbono es un elemento necesario para aumentar la resistencia de la chapa de acero mediante el control de la formación de ferrita y el carbono también imparte resistencia al acero mediante el fortalecimiento del precipitado mediante la formación de carburo de vanadio o carburos de niobio, por lo tanto, el carbono desempeña un papel fundamental en el aumento de la resistencia. Pero un contenido 5 de carbono inferior al 0,11 % no podrá conferir resistencia a la tracción al acero de la presente invención. Por otro lado, con un contenido de carbono superior al 0,16%, el acero presenta una soldabilidad por puntos deficiente que limita su aplicación en piezas automotrices. Un contenido preferible para la presente invención puede mantenerse entre 0,11% y 0,15%.
- 10 **[0013]** El contenido de manganeso del acero de la presente invención está entre 1 % y 2%. Este elemento es gammágeno y también influye en las temperaturas de Bs y Ms, por lo tanto, desempeña un papel importante en el control de la formación de ferrita. El propósito de añadir manganeso es esencialmente impartir templabilidad al acero. Se ha encontrado una cantidad de al menos el 1 % en peso de manganeso para proporcionar la resistencia y la templabilidad a la chapa de acero. Pero cuando el contenido de manganeso es superior al 2 % produce efectos 15 adversos como retardar la transformación de la austenita durante el enfriamiento después de la laminación en caliente. Adicionalmente, el contenido de manganeso por encima del 1,8 % promueve la segregación central, por lo que reduce la conformabilidad y también deteriora la soldabilidad del presente acero. Un contenido preferible para la presente invención puede mantenerse entre el 1,3 % y el 1,8 %.
- 20 **[0014]** El contenido de silicio del acero de la presente invención está entre 0,1% y 0,7%. El silicio es un fortalecedor de soluciones sólidas, especialmente para microestructuras de ferrita y bainita. Además, un mayor contenido de silicio puede retrasar la precipitación de cementita. Sin embargo, el contenido desproporcionado de silicio conduce a un problema tal como defectos superficiales como tiras de tigre que afectan negativamente a la capacidad de recubrimiento del acero de la presente invención. Por lo tanto, la concentración se controla dentro de un límite 25 superior de 0,7%. Un contenido preferible para la presente invención puede mantenerse entre el 0,2 % y el 0,6 %.
- [0015]** El aluminio es un elemento que está presente en el acero de la presente invención entre el 0,02 % y el 0,1 %. El aluminio es un elemento alfágeno y confiere ductilidad al acero de la presente invención. El aluminio en el acero tiene una tendencia a unirse con el nitrógeno para formar nitruro de aluminio, por lo tanto, desde el punto de 30 vista de la presente invención, el contenido de aluminio debe mantenerse lo más bajo posible y preferentemente entre el 0,02 % y el 0,06 %. El molibdeno es un elemento esencial que constituye del 0,15 % al 0,4 % del acero de la presente invención; el molibdeno aumenta la templabilidad del acero de la presente invención e influye en la transformación de austenita en ferrita y bainita durante el enfriamiento después del laminado en caliente. Sin embargo, la adición de molibdeno aumenta excesivamente el coste de la adición de elementos de aleación, de modo que por razones 35 económicas su contenido se limita al 0,4%. El límite preferible para el molibdeno se sitúa entre el 0,15 % y el 0,3 %.
- [0016]** El vanadio es un elemento esencial que constituye entre el 0,15 % y el 0,4 % del acero de la presente invención. El vanadio es eficaz en la mejora de la resistencia del acero mediante la formación de carburos, nitruros o carbonitruros y el límite superior es del 0,4% debido a razones económicas. Estos carburos, nitruros o carbonitruros 40 se forman durante la segunda y tercera etapa de enfriamiento. El límite preferible para el vanadio está entre el 0,15 % y el 0,3 %.
- [0017]** El constituyente de fósforo del acero de la presente invención está entre 0,002 % y 0,02 %. El fósforo reduce la soldabilidad por puntos y la ductilidad en caliente, particularmente debido a su tendencia a segregarse en 45 los límites de grano o cosegregarse con manganeso. Por estas razones, su contenido está limitado al 0,02% y preferentemente es inferior al 0,015%.
- [0018]** El azufre no es un elemento esencial, pero puede estar contenido como una impureza en el acero y, desde el punto de vista de la presente invención, el contenido de azufre es preferentemente lo más bajo posible, pero 50 es del 0,005% o menos desde el punto de vista del coste de fabricación. Además, si hay más azufre presente en el acero, se combina para formar sulfuros, especialmente con el manganeso, y reduce su efecto beneficioso en el acero de la presente invención, por lo que se prefiere por debajo del 0,003 %.
- [0019]** El nitrógeno está limitado al 0,01 % con el fin de evitar el envejecimiento del material, el nitrógeno forma 55 los nitruros que imparten resistencia al acero de la presente invención mediante el fortalecimiento de la precipitación con vanadio y niobio, pero siempre que la presencia de nitrógeno sea superior al 0,01 % puede formar una gran cantidad de nitruros de aluminio que son perjudiciales para la presente invención, por lo tanto, el límite superior preferible para el nitrógeno es del 0,005 %.
- [0020]** El cromo es un elemento opcional para la presente invención. El contenido de cromo que puede estar 60 presente en el acero de la presente invención está entre 0% y 0,5%. El cromo es un elemento que proporciona templabilidad al acero, pero un mayor contenido de cromo superior al 0,5% conduce a una cosegregación central similar al manganeso.
- [0021]** El niobio es un elemento opcional para la presente invención. El contenido de niobio puede estar

presente en el acero de la presente invención entre el 0 % y el 0,05 % y se añade en el acero de la presente invención para formar carbonitruros para impartir resistencia al acero de la presente invención mediante endurecimiento por precipitación.

5 [0022] El contenido de calcio en el acero de la presente invención está entre 0,0001 % y 0,005 %. El calcio se añade al acero de la presente invención como elemento opcional, especialmente durante el tratamiento de inclusión, retardando así los efectos nocivos del azufre.

$$0,3 \leq Mo + V + Nb \leq 0,6$$

10 [0023] La presencia acumulada de molibdeno, vanadio y niobio se mantiene entre el 0,3 % y el 0,6 % para impartir al acero de la presente invención una relación de resistencia y expansión de orificios, ya que tanto el niobio como el vanadio forman nitruros, carbonitruros o carburos, mientras que el molibdeno garantiza la formación de ferrita adecuada, por lo tanto, esta ecuación respalda la presente invención para lograr un equilibrio entre la resistencia a la tracción al garantizar la formación de precipitados e imparte una relación de expansión de orificios al garantizar una ferrita adecuada.

15 [0024] Otros elementos tales como boro o magnesio se pueden añadir individualmente o en combinación en las siguientes proporciones en peso: boro $\leq 0,001$ %, magnesio $\leq 0,0010$ %. Hasta los niveles máximos de contenido indicados, estos elementos permiten refinar el grano durante la solidificación.

20 [0025] El titanio es un elemento residual y puede estar presente hasta en un 0,01 %.

25 [0026] El resto de la composición del acero consiste en hierro e impurezas inevitables resultantes del procesamiento.

[0027] La microestructura de la chapa de acero comprende:

La bainita constituye del 70% al 90% de la microestructura por fracción de área para el acero de la presente invención. La bainita constituye la fase primaria del acero como matriz y consiste, de forma acumulativa, en bainita superior y 30 bainita inferior. Para garantizar una resistencia a la tracción de 940 MPa y preferentemente de 960 MPa o más es necesario tener un 70 % de bainita. La bainita comienza a formarse durante la tercera etapa de enfriamiento y se forma hasta el enrollado.

35 [0028] La ferrita constituye del 10 % al 25 % de la microestructura por fracción de área para el acero de la presente invención. La ferrita comprende acumulativamente ferrita poligonal y ferrita acicular. La ferrita imparte alargamiento, así como conformabilidad al acero de la presente invención. Para asegurar un alargamiento del 8% y preferentemente del 9% o más, es necesario tener un 10% de ferrita. La ferrita se forma durante el enfriamiento tras el laminado en caliente en el acero de la presente invención. Pero cuando el contenido de ferrita es superior al 25 % en el acero de la presente invención no se alcanza la resistencia a la tracción.

40 [0029] Las cantidades acumuladas de bainita y ferrita son superiores al 90 % para garantizar un equilibrio entre resistencia y conformabilidad. La presencia acumulativa de bainita y ferrita imparte una resistencia a la tracción de 940 MPa debido a la presencia de bainita y ferrita que aseguran la formabilidad.

45 [0030] La martensita y la austenita residuales son constitucionesopcionales para el acero de la presente invención y pueden estar presentes entre el 0 % y el 10 % de forma acumulativa por fracción de área y se encuentran en trazas. La martensita para la presente invención incluye tanto martensita fresca como martensita revenida. La martensita imparte resistencia al acero de la presente invención. Cuando la martensita es superior al 10 % imparte un exceso de resistencia y el límite elástico supera el límite superior aceptable. En una realización preferida de la 50 invención, la cantidad acumulada de martensita y austenita residual está entre el 2 y el 10 %.

55 [0031] Además de la microestructura mencionada anteriormente, la microestructura de la chapa de acero laminada en caliente está libre de componentes microestructurales, tales como perlita y cementita, pero se pueden encontrar en trazas.

[0032] Una chapa de acero según la invención se puede producir mediante cualquier procedimiento adecuado. Un procedimiento preferido consiste en proporcionar una colada semiacabada de acero con una composición química según la invención. La colada se puede realizar en lingotes o continuamente en forma de planchones delgados o tiras delgadas, es decir, con un espesor que varía de aproximadamente 220 mm para planchones hasta varias decenas de 60 milímetros para la tira delgada.

[0033] Por ejemplo, un planchón que tiene la composición química descrita anteriormente se fabrica mediante colada continua donde el planchón se sometió opcionalmente a la reducción suave directa durante el proceso de colada continua para evitar la segregación central y para asegurar una relación de carbono local a carbono nominal

mantenida por debajo de 1,10. El planchón proporcionado por el procedimiento de colada continua se puede usar directamente a alta temperatura después de la colada continua o se puede enfriar primero a temperatura ambiente y a continuación recalentarse para laminación en caliente.

5 [0034] La temperatura del planchón, que se somete a laminación en caliente, es preferentemente de al menos 1200 °C y debe estar por debajo de 1300 °C. En caso de que la temperatura del planchón sea inferior a 1200 °C, se impone una carga excesiva en un tren de laminación. Por lo tanto, la temperatura del planchón es preferentemente lo suficientemente alta como para que la laminación en caliente pueda completarse en el intervalo austenítico del 100 %. Se debe evitar el recalentamiento a temperaturas superiores a 1275 °C porque causa pérdida de productividad y 10 también es industrialmente caro. Por lo tanto, la temperatura de recalentamiento preferida está entre 1200 °C y 1275 °C.

[0035] La temperatura de acabado por laminado en caliente para la presente invención está entre 850 °C y 975 °C y preferentemente entre 880 °C y 930 °C.

15 [0036] La banda laminada en caliente obtenida de esta manera se enfria a continuación en un proceso de enfriamiento de tres etapas donde la primera etapa de enfriamiento comienza inmediatamente después del acabado del laminado en caliente y en la primera etapa la banda laminada en caliente se enfria desde el acabado del laminado en caliente hasta un intervalo de temperatura entre 650 °C y 720 °C a una velocidad de enfriamiento entre 40 °C/s y 20 150 °C/s. En una realización preferida de la invención, la velocidad de enfriamiento para la primera etapa de enfriamiento está comprendida entre 40 °C/s y 120 °C/s.

25 [0037] A partir de entonces, la etapa dos de enfriamiento comienza desde un intervalo de temperatura entre 650 °C y 725 °C durante un período de tiempo entre 1 segundo y 10 segundos, preferentemente entre 2 y 9 segundos, y la etapa dos se detiene entre 620 °C y 690 °C. Durante esta etapa, el enfriamiento se realiza mediante enfriamiento por aire y el límite de tiempo se decide según la microestructura de ferrita prevista para el acero que se fabricará adicionalmente durante esta etapa, se forma la microestructura de ferrita y los elementos de microaleación como vanadio y/o niobio forman nitruros, carburos y carbonitruros para impartir resistencia al acero.

30 [0038] A continuación, la tercera etapa de enfriamiento comienza desde un intervalo de temperatura entre 620 °C y 690 °C hasta el intervalo de temperatura de enrollado que está entre 450 °C y 550 °C a una velocidad de enfriamiento superior a 20 °C/s. En esta etapa de enfriamiento, comienza la transformación de bainita y esta transformación de bainita continúa hasta que la banda laminada en caliente enrollada cruza la temperatura Ms mientras 35 se enfria y a continuación se detiene la transformación de bainita. En una realización preferida de la invención, el intervalo de temperatura de enrollado se sitúa entre 470 °C y 530 °C.

[0039] A partir de entonces, enrollar la banda laminada en caliente entre el intervalo de temperatura de 450 °C y 550 °C y preferentemente entre 470 °C y 530 °C. A continuación, enfriar la banda laminada en caliente enrollada a temperatura ambiente para obtener una chapa de acero laminada en caliente.

40 EJEMPLOS

[0040] Las siguientes pruebas, ejemplos, exemplificación figurativa y tablas que se presentan en esta solicitud no son de naturaleza restrictiva y deben considerarse solo con fines ilustrativos, y mostrarán las características 45 ventajosas de la presente invención.

[0041] Las chapas de acero hechas de aceros con diferentes composiciones se recogen en la Tabla 1, donde las chapas de acero se producen según los parámetros del proceso como se estipula en la Tabla 2, respectivamente. Posteriormente, la Tabla 3 recoge las microestructuras de las chapas de acero obtenidas durante los ensayos y la 50 tabla 4 recoge el resultado de las evaluaciones de las propiedades obtenidas.

ES 2 989 092 T3

Tabla 1

Aceros	C	Mn	Si	Al	Mo	V	P	S	N	Cr	Nb	Ca	Ti	Mo+V+Nb
A	0,120	1,59	0,20	0,033	0,30	0,185	0,016	0,0030	0,0060	0,37	0,01	0,004	0	0,495
B	0,133	1,62	0,21	0,031	0,31	0,190	0,015	0,0030	0,0040	0,37	0,01	0,003	0	0,510
C	0,122	1,63	0,40	0,050	0,21	0,200	0,010	0,0030	0,0050	0,40	0,01	0,001	0	0,420
D	0,080	1,90	0,49	0,030	0,21	<u>0,010</u>	0,012	0,0015	0,0035	0,30	0,03	0,001	0,15	0,250
E	<u>0,175</u>	1,65	0,75	<u>0,850</u>	<u>0,01</u>	<u>0,010</u>	0,010	0,0005	0,0030	0,05	0,01	0,001	0	<u>0,030</u>
F	0,120	<u>2,25</u>	0,40	0,040	0,20	0,200	0,010	0,0030	0,0050	0,41	0,01	0,001	0	0,410

= según la invención;

R =referencia; valores subrayados: no según la invención.

Tabla 2

La Tabla 2 recoge los parámetros del proceso implementados en los aceites de la Tabla 1.

Ensayos	Acero	Recalentamiento T (°C)	HR Acabado T (°C)	Etapa 1			Etapa 2			Etapa 3		
				T de parada de enfriamiento (°C)	Tasa de enfriamiento (°C/s)	T de inicio de enfriamiento (°C)	T de parada de enfriamiento (°C)	T de inicio de enfriamiento (°C)	T de parada de enfriamiento (°C)	Tasa de enfriamiento (°C/s)	Enrollado T (°C)	
I1	A	1260	895	895	660	105	660	6	650	650	470	45
I2	B	1250	875	875	680	85	680	4	675	675	495	35
I3	C	1260	910	910	660	105	660	6	650	650	470	45
I4	A	1250	875	875	680	85	680	4	675	675	495	35
I5	B	1240	910	910	670	80	670	5	665	665	520	30
I6	C	1250	975	975	680	85	680	4	675	675	495	35
R1	B	1250	910	910	<u>615</u>	75	<u>615</u>	7	<u>605</u>	<u>605</u>	525	25
R2	C	1260	865	865	<u>615</u>	85	<u>0</u>	<u>0</u>	=	=	-	<u>615</u>
R3	D	1250	875	875	680	85	680	4	675	675	495	35
R4	E	1260	875	875	660	105	660	6	650	650	470	45
R5	F	1240	910	910	670	80	670	5	665	665	520	30

I = según la invención; R = referencia; valores subrayados: no según la invención.

ES 2 989 092 T3

Tabla 3

[0042] La Tabla 3 ejemplifica los resultados de las pruebas realizadas según las normas en diferentes microscopios tales como microscopio electrónico de barrido para determinar las microestructuras tanto de los aceros 5 de la invención como los de referencia.

[0043] Los resultados se estipulan en esta solicitud:

Ensayos	Ferrita (%)	Bainita (%)	RA +Martensita (%)	Bainita+Ferrita
I1	17	80	3	97
I2	12	80	8	92
I3	20	71	9	91
I4	12	82	6	94
I5	18	75	7	93
I6	12	80	8	92
R1	<u>29</u>	<u>67</u>	4	96
R2	<u>35</u>	<u>58</u>	7	93
R3	<u>50</u>	<u>40</u>	10	90
R4	<u>40</u>	<u>38</u>	<u>22</u>	<u>78</u>
R5	15	<u>67</u>	<u>18</u>	<u>82</u>

I = según la invención; R = referencia; valores subrayados: no según la invención.

10

Tabla 4

[0044] La Tabla 4 ejemplifica las propiedades mecánicas tanto de los aceros de la invención como de los de referencia. Con el fin de determinar la resistencia a la tracción, el límite elástico y el alargamiento total, se llevan a 15 cabo pruebas de tracción según las normas JIS Z2241.

[0045] Se recogen los resultados de las diversas pruebas mecánicas realizadas según las normas

Tabla 4

Ensayos	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite elástico (MPa)	Alargamiento total (%)	Relación de expansión de orificios (%)
I1	977	846	13	45
I2	1002	884	10	58
I3	1011	882	9,5	42
I4	983	857	12	51
I5	994	868	11,5	42
I6	998	866	11	54
R1	<u>920</u>	832	10	48
R2	<u>912</u>	823	14	35
R3	<u>889</u>	809	14	68
R4	<u>860</u>	675	13	46
R5	1026	824	10	26

I = según la invención; R = referencia; valores subrayados: no según la invención.

REIVINDICACIONES

1. Una chapa de acero laminada en caliente que tiene una composición que comprende los siguientes elementos, expresados en porcentaje en peso:

5

$0,11\% \leq \text{Carbon} \leq 0,16\%$

$1\% \leq \text{Manganoso} \leq 2\%$

10

$0,1\% \leq \text{Silicona} \leq 0,7\%$

$0,02\% \leq \text{Aluminio} \leq 0,1\%$

15

$0,15\% \leq \text{Molibdeno} \leq 0,4\%$

$0,15\% \leq \text{Vanadio} \leq 0,4\%$

$0,002\% \leq \text{Fósforo} \leq 0,02\%$

20

$0\% \leq \text{Sulfuro} \leq 0,005\%$.

$0\% \leq \text{Nitrógeno} \leq 0,01\%$

25 y puede contener uno o más de los siguientes elementos opcionales

$0\% \leq \text{Cromio} \leq 0,5\%$

$0\% \leq \text{Niobio} \leq 0,05\%$

$0,0001\% \leq \text{Calcio} \leq 0,005\%$

$0\% \leq \text{Boro} \leq 0,001\%$

$0\% \leq \text{Magnesio} \leq 0,0010\%$

$0\% \leq \text{Titanio} \leq 0,01\%$

40 con

$0,3\% \leq \text{Mo} + \text{V} + \text{Nb} \leq 0,6\%$

la composición restante que está compuesta de hierro e impurezas inevitables causadas por el procesamiento, la microestructura de dicha chapa de acero que comprende, en fracción de área, del 70 % al 90 % de bainita, del 10 % 45 al 25 % de ferrita, donde las cantidades acumuladas de bainita y ferrita son de al menos el 90 % y una cantidad acumulada de austenita residual y martensita está entre el 0 % y el 10 %.

- 50 2. Chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 1, donde la composición incluye del 0,2 % al 0,6 % de silicio.
3. Chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 1 o 2, donde la composición incluye del 0,11 % al 0,15 % de carbono.

4. Chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 3, donde la composición incluye del 0,15 % al 0,3 % de vanadio.
5. Chapa de acero laminada en frío según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la composición incluye del 1,3 % al 1,8 % de manganeso.
6. Chapa de acero laminada en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde la composición incluye del 0,15 % al 0,3 % de molibdeno.
- 10 7. Chapa de acero laminada en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la composición incluye del 0,02 % al 0,06 % de aluminio.
- 15 8. Chapa de acero laminada en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde la cantidad acumulada de austenita y martensita residuales está comprendida entre el 2 % y el 10 %.
9. Chapa de acero laminada en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde dicha chapa de acero tiene una resistencia a la tracción igual o superior a 950 MPa, y una relación de expansión de orificios igual o superior al 40 % medidas según las normas JIS Z2241.
- 20 10. Chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 9, donde dicha chapa de acero tiene una resistencia a la tracción de 960 MPa o más y un alargamiento total del 8 % o más medidos según las normas JIS Z2241.
11. Un procedimiento de producción de una chapa de acero laminada en caliente y tratada térmicamente que comprende las siguientes etapas sucesivas:
- 25 - proporcionar una composición de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7;
- recalentar el producto semiacabado hasta una temperatura comprendida entre 1200 °C y 1300 °C;
- laminar dicho producto semiacabado en el intervalo austenítico donde la temperatura de acabado de laminación en caliente estará entre 850 °C y 975 °C para obtener una banda de acero laminada en caliente;
- 30 - a continuación, enfriar la dicha banda laminada en caliente en un enfriamiento en tres etapas donde:
- la primera etapa de enfriamiento de la chapa de acero laminada en caliente comienza desde un intervalo de temperatura entre 850 °C y 975 °C hasta un intervalo de temperatura entre 650 °C y 725 °C, con una velocidad de enfriamiento entre 40 °C/s y 150 °C/s;
- 35 ○ la segunda etapa de enfriamiento de la lámina de acero laminada en caliente comienza desde un intervalo de temperatura entre 650 °C y 725 °C hasta un intervalo de temperatura entre 620 °C y 690 °C, teniendo dicha segunda etapa una duración de 1 s a 10 s y siendo una refrigeración por aire, la tercera etapa de enfriamiento de la lámina de acero laminada en caliente comienza desde un intervalo de temperatura entre 620 °C y 690 °C hasta un intervalo de temperatura entre 450 °C y 550 °C; con una velocidad de enfriamiento superior a 20 °C/s
- 40 - a continuación, enrollar dicha banda de acero laminado en caliente a un intervalo de temperatura entre 450 °C y 550 °C;
- enfriar la banda de acero laminada en caliente enrollada hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- 45 12. Un procedimiento según la reivindicación 11, donde la temperatura de recalentamiento del producto semiacabado está comprendida entre 1200 °C y 1275 °C.
13. Un procedimiento según la reivindicación 11 o 12, donde la temperatura de acabado de laminación en caliente está comprendida entre 880 °C y 930 °C.
- 50 14. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 o 13, donde el intervalo de temperatura de enrollado está comprendido entre 470 °C y 530 °C.
- 55 15. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, donde la velocidad de enfriamiento para la etapa uno de enfriamiento está entre 40 °C/s y 120 °C/s.
16. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, donde la velocidad de enfriamiento para la etapa tres de enfriamiento es mayor que igual a 25 °C/s.
- 60 17. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, donde la duración de la etapa dos de enfriamiento está comprendida entre 2 segundos y 9 segundos.
18. Uso de una chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, o de una chapa de acero producida según el procedimiento de las reivindicaciones 11 a 17, para la fabricación de piezas estructurales o de seguridad de

un vehículo.

19. Vehículo que comprende una pieza obtenida según la reivindicación 18.