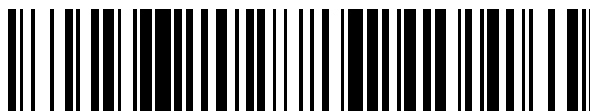


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 033**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/20</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/28</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/22</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/54</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/24</b>	(2006.01)
<b>C21C 7/04</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/26</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/32</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/50</b>	(2006.01)
<b>C21C 7/06</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.06.2012 PCT/JP2012/066536**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2013 WO2013061652**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.06.2012 E 12844504 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.11.2016 EP 2772559**

54 Título: **Chapa de acero**

30 Prioridad:

**25.10.2011 JP 2011234396**

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

**18.04.2017**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)  
6-1, Marunouchi 2-chome  
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**MOROHOSHI, TAKASHI;  
ARAMAKI, TAKASHI y  
ZEZE, MASAFUMI**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 609 033 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

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a una chapa de acero con alto contenido en carbono, y más particularmente, a una chapa de acero con alto contenido en carbono para punzonado en frío que es conformada en una forma de producto por punzonado en frío. Por ejemplo, esta chapa de acero con alto contenido en carbono se puede usar para la producción de un componente similar a una placa de acero (elemento) que se usa para una transmisión variable continua (CVT, del inglés Continuously Variable Transmission) de tipo correa, una placa eslabón de un sierra de cinta, una sierra circular, o de cadena, y similares.

10 Se reivindica la prioridad sobre la solicitud de patente japonesa No. 2011-234396, presentada el 25 de octubre de 2011.

**Técnica anterior**

15 La CVT de tipo correa de un vehículo incluye un correa de acero configurada al unir una pluralidad de un componente similar a una placa de acero (elementos) a un anillo de acero circular continuo de lado a lado, y un par de poleas que tienen una anchura de ranura variable. Además, la correa de acero se enrolla entre el par de poleas en una correa anular sin fin, y la transmisión de potencia se realiza desde una polea a la otra polea a través de la correa de acero. Los elementos respectivos están dispuestos intercalados entre dos haces de anillos de acero. La potencia de un motor entra en una polea, se transmite a la otra polea a través de la correa de acero, y sale. En ese momento, el diámetro eficaz de cada polea se hace variar cambiando la anchura de la ranura de cada polea, y por lo tanto se produce un cambio de marcha continuo.

20 Los elementos para la CVT de tipo correa están conformados en una forma de producto por punzonado en frío de la chapa de acero. Por consiguiente, es necesario que un material adecuado para los elementos tenga propiedades de alta dureza, alta resistencia al desgaste, y punzonado en frío. Como un material que satisface estas exigencias, el Documento de patente 1 y el Documento de patente 2 sugieren el siguiente acero.

25 El Documento de patente 1 describe acero que incluye, en % en masa, C: 0,1% a 0,7%, Cr: 0,1% a 2,0% y S: 0,030% o menos, y el cual se somete a un tratamiento de carburación (carburación y temple—revenido) después del punzonado. El acero es un acero con un contenido bajo y medio en carbono que es blando y por lo tanto aumenta la duración de un molde de precisión usado para el punzonado. Como resultado, se pueden reducir los costes de mecanización. Además, el acero asegura la dureza necesaria para una capa de revestimiento (una profundidad de 30 50 µm desde una superficie) mediante el tratamiento carburizante. Asimismo, el acero es acero con un contenido bajo y medio en carbono, y por lo tanto se puede mantener una alta tenacidad de un núcleo de un producto carburizado. Como resultado, se puede mejorar un valor de impacto del producto carburizado propiamente dicho.

35 El Documento de patente 2 describe acero con alto contenido en carbono que incluye, en % en masa, C: 0,70% a 1,20% y en el cual se controla el tamaño de partícula de los carburos dispersos en una matriz de ferrita. El acero tiene un alargamiento por tracción con entalla mejorado en estrecha relación con la trabajabilidad de punzonado, y por lo tanto la trabajabilidad de punzonado del mismo es excelente. Asimismo, el acero incluye además Ca, y por lo tanto se controla la morfología de MnS. Como resultado, la trabajabilidad de punzonado se mejora aún más.

**Documento de la técnica anterior**

Documento de patente

40 [Documento de patente 1] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación No. 2005-068482

[Documento de patente 2] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación No. 2000-265239

**Descripción de la invención**

Problemas a resolver por la invención

45 Para corresponder a la transmisión de potencia de un motor de alta potencia de un tamaño relativamente grande, ha habido un requerimiento de nuevas mejoras de la tenacidad o de las propiedades de fatiga de los elementos. Además, en un caso en el que se realiza rápidamente un cambio de marcha de la transmisión de potencia de un motor, se aplica un gran impacto a los elementos de la CVT. En los elementos que no tienen alta tenacidad, existe una preocupación de que produzca un craqueo debido al impacto, que el craqueo lleve a la fractura, y que la CVT se fracture en última instancia. Análogamente, junto con la rotación de la correa de acero, se aplica tracción repetida a los elementos de la CVT. En los elementos que no poseen excelentes propiedades de fatiga, existe una preocupación de que el craqueo progrese fácilmente y que los elementos sean propensos a fracturarse. Desde estos puntos de vista, ha habido un requerimiento de nuevas mejoras en la tenacidad o en las propiedades de fatiga del 50 acero usado para los elementos.

Con respecto al requerimiento anteriormente descrito, el siguiente problema para la tenacidad o la propiedad de fatiga está presente en la técnica relacionada anteriormente descrita.

5 En el acero descrito en el Documento de patente 1, con el fin de que el valor de impacto no disminuya, la cantidad de S se limita a 0,030% en masa o menos y preferiblemente a 0,010% en masa o menos. Sin embargo, con respecto al acero, la composición o morfología de las inclusiones no se controla, y por lo tanto el MnS permanece en el acero. Por consiguiente, el acero puede no usarse en condiciones estrictas.

10 El MnS tiene una tendencia a alargarse durante la laminación, y la longitud en una dirección de procesamiento puede alargarse hasta varios cientos de micrómetros. Las inclusiones (en lo sucesivo, referidas como inclusiones de tipo A) que se alargan en la dirección de procesamiento, son particularmente dañinas desde el punto de vista de la tenacidad o de las propiedades de fatiga del acero, y es necesario reducir el número de inclusiones. El MnS se genera principalmente durante la solidificación del acero fundido. Particularmente, en el acero de carbono en el que la cantidad de C es de 0,5% en masa o más, existe una tendencia a generar MnS grueso en el área de microsegregación entre ramificaciones dendríticas. El motivo para esta tendencia es que en el acero de carbono que incluye 0,5% o más de C, el cristal primario durante la solidificación es fase  $\gamma$  (austenita), y por lo tanto la difusión de Mn o S en una fase sólida se retrasa, y por lo tanto la microsegregación tiene una tendencia a producirse.

15 En una chapa de acero para componentes mecánicos en los que se requiere una alta calidad en tenacidad o en propiedades de fatiga, la prevención de las inclusiones de tipo A es particularmente importante. Sin embargo, en el acero descrito en el Documento de patente 1, no se describe particularmente una contramedida de reducción de MnS según la cantidad de C.

20 Por otra parte, en el acero descrito en el Documento de patente 2, la forma de MnS se esferoidiza añadiendo Ca, y por lo tanto el número de las anteriores inclusiones de tipo A se puede reducir en gran medida. Sin embargo, según el examen de los autores, en el acero descrito en el Documento de patente 2, el número de inclusiones de tipo A se reduce, y una pluralidad de inclusiones granulares (en lo sucesivo, referidas como inclusiones de tipo B) que se alinean de forma discontinua en un grupo en una dirección de procesamiento, o inclusiones irregularmente dispersas (en lo sucesivo, referidas como inclusiones de tipo C) permanecen en el acero. Además, los autores han encontrado que estas inclusiones sirven como un punto de origen de fractura por fatiga deteriorándose por lo tanto las propiedades de fatiga del acero. Asimismo, el acero descrito en el Documento de patente 2 incluye Ti. Sin embargo, cuando los carbonitruros gruesos que incluyen Ti (inclusiones de tipo C) se generan solamente en el acero, surge el problema de que las inclusiones tienen una tendencia a servir como un punto de origen de fractura por fatiga.

30 La invención se ha realizado teniendo en cuenta el problema anteriormente descrito. Según un aspecto de la presente invención, ésta proporciona una chapa de acero con alto contenido en carbono que incluye, en % en masa, 0,5% a 0,8% de C, y tiene una resistencia (dureza), una resistencia al desgaste, y una trabajabilidad de punzonado en frío que son adecuadas para la producción de elementos. Además, según otro aspecto de la invención, ésta proporciona una chapa de acero que logra excelentes tenacidad y propiedades de fatiga al reducir el número de inclusiones de tipo A, inclusiones de tipo B, e inclusiones de tipo C en el acero, y al evitar que se generen carbonitruros gruesos que incluyen Ti. Además, según otro aspecto la invención, ésta proporciona una chapa de acero que es excelente en costes de producción. Además, la resistencia representa principalmente resistencia a la tracción. Asimismo, en general, resistencia a la tracción y dureza son valores característicos correlacionados entre sí, y por lo tanto en la siguiente descripción, resistencia también incluye el significado de dureza.

40 El documento de patente US 2005/0025658 A1 describe un acero de decoletaje con bajo contenido en carbono que comprende, en base a porcentaje en masa, C: 0,05 hasta por debajo de 0,20%, Mn: 0,4-2,0%, S: 0,21-1,0%, Ti: 0,002-0,10%, P: 0,001-0,30%, Al: no superior a 0,2%, O (oxígeno): 0,001-0,03% y N: 0,0005-0,02%, siendo el resto Fe e impurezas, y que satisface las relaciones (a) y (b) proporcionadas a continuación sobre las inclusiones contenidas en el acero:

45  $(A+B)/C \geq 0,8$  (a),  
 $N_A \geq 5$  (b),

en donde, en las relaciones (a) y (b), A, B, C y  $N_A$  indican lo siguiente:

50 A: el área total ocupada por inclusiones de MnS sustanciales con carburo de Ti y/o carbonitruro de Ti incluidos en las mismas entre las inclusiones no inferiores a 1  $\mu\text{m}$  en diámetro de círculo equivalente por  $\text{mm}^2$  de una sección transversal en paralelo con la dirección de laminación;

B: el área total ocupada por inclusiones de MnS sustanciales sin carburo de Ti y/o carbonitruro de Ti incluidos en las mismas entre las inclusiones no inferiores a 1  $\mu\text{m}$  en diámetro de círculo equivalente por  $\text{mm}^2$  de una sección transversal en paralelo con la dirección de laminación;

55 C: el área total ocupada por todas las inclusiones no inferiores a 1  $\mu\text{m}$  en diámetro de círculo equivalente por  $\text{mm}^2$  de una sección transversal en paralelo con la dirección de laminación;

$N_A$ : el número de inclusiones de MnS sustanciales con carburo de Ti y/o carbonitruro de Ti incluidos en las mismas entre las inclusiones no inferiores a 1  $\mu\text{m}$  en diámetro de círculo equivalente por  $\text{mm}^2$  de una sección transversal en paralelo con la dirección de laminación.

Medios para resolver los problemas

5 La esencia de la invención es como sigue.

(1) Según un aspecto de la invención, se proporciona una chapa de acero en la que los componentes químicos del acero consisten en, en % en masa: 0,5% a 0,8% de C; 0,15% a 0,60% de Si; 0,40% a 0,90% de Mn; 0,010% a 0,070% de Al; 0,001% a 0,010% de Ti; 0,30% a 0,70% de Cr; 0,0005% a 0,0030% de Ca; 0,0003% a 0,0050% de REM; 0% a 0,020% de P; 0% a 0,0070% de S; 0% a 0,0040% de O; y 0% a 0,0075% o menos de N, opcionalmente, uno o dos o más seleccionados del grupo que consiste en 0% a 0,05% de Cu; 0% a 0,05% de Nb; 0% a 0,05% de V; 0% a 0,05% de Mo; 0% a 0,05% de Ni, y 0% a 0,0050% de B; y el resto se compone de Fe e impurezas inevitables. Las cantidades de los elementos respectivos en los componentes químicos, que están representadas en % en masa, satisfacen las siguientes Expresión 1 y Expresión 2. El acero contiene carbonitruros que incluyen Ti como una inclusión, y la densidad numérica de los carbonitruros que incluyen Ti que tienen un lado largo de 5  $\mu\text{m}$  o más es de 3 piezas/ $\text{mm}^2$  o menos.

$$0,3 \leq \{Ca/40,88 + (REM/140)/2\} (S/32,07) \quad (\text{Expresión 1})$$

$$Ca \leq 0,005 - 0,0035 \times C \quad (\text{Expresión 2})$$

(2) en la chapa de acero según (1), el acero puede incluir además una inclusión de material compuesto que incluye Al, Ca, O, S, y REM, y una inclusión en la que los carbonitruros que incluyen Ti se adhieren a una superficie de la inclusión de material compuesto.

(3) En la chapa de acero según (2), las cantidades de los elementos respectivos en los componentes químicos, que están representadas en % en masa, pueden satisfacer la siguiente Expresión 3.

$$18 \times (REM/140) - O/16 \geq 0 \quad (\text{Expresión 3})$$

(4) En la chapa de acero según (1), las cantidades de los elementos respectivos en los componentes químicos, que están representadas en % en masa, pueden satisfacer la siguiente Expresión 4.

$$18 \times (REM/140) - O/16 \geq 0 \quad (\text{Expresión 4})$$

Ventaja de la invención

Según los aspectos anteriormente descritos de la invención, se puede proporcionar una chapa de acero, que es excelente en resistencia (dureza), resistencia al desgaste, y trabajabilidad de punzonado en frío, y que logra excelente tenacidad y propiedades de fatiga al reducir el número de inclusiones de tipo A, inclusiones de tipo B, e inclusiones de tipo C en el acero y al evitar que se generen carbonitruros gruesos que incluyen Ti.

#### Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un gráfico que ilustra una relación entre la suma de equivalentes químicos de Ca y REM que se unen a S, y la densidad numérica de las inclusiones de tipo A.

La FIG. 2 es un gráfico que ilustra una relación entre la cantidad de Ca en el acero, y la densidad numérica del número total de inclusiones de tipo B, e inclusiones de tipo C.

#### Realizaciones de la invención

A continuación, se describirá una realización preferida de la invención. Sin embargo, la invención no se limita a la configuración descrita en la realización, y se pueden realizar diversas modificaciones dentro de un intervalo sin desviarse del alcance de la invención.

En primer lugar, se describirán las inclusiones que están incluidas en una chapa de acero según la realización.

Una de las causas que deterioran la tenacidad o las propiedades de fatiga es las inclusiones no metálicas incluidas en la chapa de acero (en lo sucesivo, referidas como inclusiones). Los ejemplos de inclusiones incluyen óxidos, sulfuros, y similares que se generan en el acero fundido durante la solidificación. Las inclusiones sirven como un punto de origen de una grieta cuando se aplica tensión al acero. El tamaño de las inclusiones varía desde varios micrómetros a varios cientos de micrómetros en un caso de alargamiento por laminación. Para asegurar y mejorar la tenacidad o las propiedades de fatiga del acero, es preferible que el tamaño de las inclusiones en una chapa de acero sea pequeño, y el número de las inclusión sea pequeño, es decir, la limpieza de una chapa de acero es alta.

Las inclusiones tienen diversas formas, estados de distribución, y similares. En lo sucesivo, las inclusiones se

clasifican en tres tipos de inclusiones según la definición proporcionada a continuación.

Las inclusiones de tipo A son inclusiones viscosamente deformadas por procesamiento. Una inclusión de tipo A es una inclusión individual que tiene alta propiedad de alargamiento y una relación de aspecto (eje mayor/eje menor) de 3,0 o más.

- 5 Las inclusiones de tipo B son inclusiones en las que una inclusión granular se alinea de forma discontinua en un grupo en una dirección de procesamiento. Una inclusión de tipo B tiene una forma con una esquina en muchos casos, baja propiedad de alargamiento, y una relación de aspecto (eje mayor/eje menor) inferior a 3,0. Además, tres o más inclusiones se alinean en una dirección de procesamiento para formar un grupo de inclusión.

- 10 Las inclusiones de tipo C son inclusiones irregularmente dispersas sin deformación viscosa. Una inclusión de tipo C tiene una forma angular o una forma esférica, baja propiedad de alargamiento, y una relación de aspecto (eje mayor/eje menor) inferior a 3,0. Además, las inclusiones de tipo C se distribuyen de forma aleatoria. Asimismo, los carbonitruros que incluyen Ti que tienen una forma angular se clasifican como inclusiones de tipo C, y se pueden diferenciar de otras inclusiones de tipo C en base a la forma y tono de color.

- 15 Además, en la chapa de acero según la realización, se toman en cuenta únicamente las inclusiones que tienen un tamaño de partícula (en el caso de una inclusión esférica) o un eje largo (en el caso de una inclusión deformada) de 1  $\mu\text{m}$  o más. Incluso cuando una inclusión que tiene un tamaño de partícula o eje mayor de menos de 1  $\mu\text{m}$  está incluida en el acero, teniendo esta inclusión menor efecto sobre la tenacidad o las propiedades de fatiga del acero, y no se toma en cuenta. Además, el eje mayor se define como un segmento de línea que tiene la longitud máxima entre los segmentos de línea obtenidos al conectar los vértices respectivos no adyacentes entre sí en un contorno de la sección transversal de una inclusión sobre un plano de observación. Análogamente, el eje menor anteriormente descrito se define como un segmento de línea que tiene una longitud mínima entre segmentos de línea obtenidos al conectar los vértices respectivos no adyacentes entre sí en un contorno de la sección transversal de una inclusión sobre un plano de observación. Además, un lado largo que se describirá más adelante se define como un segmento de línea que tiene la longitud máxima entre los segmentos de línea obtenidos al conectar los vértices respectivos adyacentes entre sí en un contorno de la sección transversal de una inclusión sobre un plano de observación.

- 20 Se añade Ca o metal de tierras raras (REM, del inglés Rare Earth Metal) para controlar la abundancia de inclusiones en el acero o la forma de las mismas en la técnica relacionada. En la solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación No. 2011-68949, los autores han sugerido una tecnología en la que se añaden Ca y REM a una placa de acero para una estructura que incluye, en % en masa, 0,08% a 0,22% de C para controlar un óxido (inclusión) generado en el acero a una fase mixta de una fase de alto punto de fusión y una fase de bajo punto de fusión, para evitar que el óxido (inclusión) se alargue durante la laminación, y para suprimir la aparición de erosión de la boquilla de colada continua o defectos de inclusión internos.

- 30 Asimismo, con respecto al acero que incluye 0,5% a 0,8% de C en % en masa, los autores han examinado las condiciones para reducir las inclusiones de tipo A, las inclusiones de tipo B, y las inclusiones de tipo C anteriormente descritas añadiendo Ca y REM. Como resultado, los autores han encontrado las siguientes condiciones que permiten la reducción simultánea en inclusiones de tipo A, inclusiones de tipo B, e inclusiones de tipo C.

Con respecto a las inclusiones de tipo A

- 40 Los autores han examinado la adición de Ca y REM a acero que incluye, en % en masa, 0,5% a 0,8% de C. Como resultado, los autores han descubierto que las inclusiones de tipo A en el acero, particularmente, las inclusiones de tipo A que constituyen MnS se pueden reducir en gran parte cuando las cantidades de elementos en los componentes químicos que están representadas en % en masa satisfacen la siguiente Expresión I.

$$0,3 \leq \{Ca/40,88 + (REM/140)/2\} \{S/32,07\} \quad (\text{Expresión I})$$

A continuación, se describirá un experimento basado en el descubrimiento.

- 45 El acero que incluye componentes químicos en el que la cantidad de C es 0,7% en masa, y las cantidades de S, Ca, y REM se cambian de forma variada se prepara en un horno a vacío como un lingote de 50 kg. La composición del lingote se muestra en la Tabla 1. El lingote se lamina en caliente en condiciones en las que la temperatura de laminación de acabado es 890°C hasta un espesor de 0,5 mm, y después el lingote laminado en caliente resultante se enfría por enfriamiento al aire para obtener una chapa de acero laminada en caliente.

- 50 Las inclusiones en el acero se observan usando una chapa de acero laminada en caliente obtenida. La observación se realiza como sigue. Una sección transversal en paralelo con una dirección de laminación de la chapa de acero laminada en caliente y una dirección de espesor de chapa se establece como un plano de observación, y el total de 60 campos visuales se observan usando un microscopio óptico a 400 aumentos (aunque, a 1.000 aumentos en el caso de medir con detalle la forma de las inclusiones). Las inclusiones que tienen un tamaño de partícula (en el caso de inclusiones esféricas) o un eje mayor (en el caso de inclusiones deformadas) de 1  $\mu\text{m}$  o más, se observan en los respectivos campos de observación visual, y estas inclusiones se clasifican en inclusiones de tipo A, inclusiones de

tipo B, inclusiones de tipo C, y carbonitruros que incluyen Ti (se pueden diferenciar según la forma y color de los mismos) que tienen una forma angular. Después, se mide la densidad numérica de las inclusiones. Además, cuando una estructura metalográfica de la chapa de acero laminada en caliente se observa usando un microscopio electrónico de barrido (SEM, del inglés Scanning Electron Microscope) que tiene una función de microanálisis por sonda electrónica (EPMA, del inglés Electron Probe Micro Analysis) y análisis de rayos X por energía dispersiva (EDX, del inglés Energy Dispersive X-ray Analysis), se pueden identificar los carbonitruros que incluyen Ti, inclusiones de material compuesto que incluyen REM, MnS, inclusiones basadas en CaO—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y similares entre las inclusiones.

Asimismo, con respecto a la chapa de acero laminada en caliente obtenida, se mide un valor de impacto a temperatura ambiente mediante el ensayo Charpy con el fin de evaluar la tenacidad. Además, se realiza un ensayo de tracción pulsante con el fin de evaluar las propiedades de fatiga. En el ensayo de tracción pulsante, se crea una curva S—N con el fin de obtener un límite de fatiga.

Partiendo del experimento anteriormente descrito, se prueba que la tenacidad, las propiedades de fatiga, y la densidad numérica de la inclusión tienen una correlación. Específicamente, se prueba que cuando la densidad numérica de las inclusiones de tipo A en el acero excede 5 piezas/mm<sup>2</sup>, la tenacidad o las propiedades de fatiga de la chapa de acero se deterioran rápidamente. Además, se prueba que incluso cuando el total de la densidad numérica de las inclusiones de tipo B y las inclusiones de tipo C excede 5 piezas/mm<sup>2</sup>, la tenacidad o las propiedades de fatiga de la chapa de acero se deterioran rápidamente. Asimismo, con respecto a los carbonitruros que incluyen Ti que son la inclusión de tipo C, está probado que cuando la densidad numérica de los carbonitruros gruesos que incluyen Ti que tienen un lado largo de 5 μm o más excede 3 piezas/mm<sup>2</sup>, la tenacidad o las propiedades de fatiga de la chapa de acero se deterioran rápidamente.

**Tabla 1**

(% en masa)									
C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Cr	Ca	REM
0,7	0,35	0,6	0,015	0,003~0,006	0,03	0,01	0,4	0,0005~0,0035	0,001~0,005

Se supone que Ca se une a S en el acero para formar CaS, y REM se une a S y O para formar REM<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S (oxisulfuro). Cuando el peso atómico de S es 32,07, el peso atómico de Ca es 40,88, el peso atómico de REM es 140 como un valor representativo, y se usan las cantidades de elementos respectivos en los componentes químicos que están representadas en % en masa, la suma de R1 de los equivalentes químicos de Ca y REM que se unen a S se pueden expresar mediante la siguiente expresión.

$$R1 = \{Ca/40,88 + (REM/140)/2\} \cdot (S/32,07)$$

Por consiguiente, la densidad numérica de las inclusiones de tipo A, que se mide en cada chapa de acero laminada en caliente, se recoge como R1 de cada chapa de acero laminada en caliente. Los resultados de la misma se muestran en la FIG. 1. En la FIG. 1, una marca en forma de círculo representa los resultados del acero que incluye Ca y no incluye REM (en lo sucesivo, referido como la adición independiente de Ca), y una marca en forma de cuadrado representa los resultados del acero que incluye Ca y también incluyen REM (en lo sucesivo, referido como adición de material compuesto de REM y Ca). Además, en el caso de la adición independiente de Ca, R1 se calcula suponiendo que la cantidad de REM es 0. En la FIG. 1, se puede observar que la densidad numérica de las inclusiones de tipo A se pueden recoger usando R1 tanto en el caso de la adición independiente de Ca como en el caso del adición de material compuesto de REM y Ca.

Específicamente, cuando el valor de R1 es 0,3 o más, la densidad numérica de la inclusión de tipo A disminuye rápidamente, y por lo tanto la densidad numérica de la misma llega a ser de 5 piezas/mm<sup>2</sup> o menos. Como resultado, se mejora la tenacidad o la propiedad de fatiga de la chapa de acero.

Además, en el caso de la adición independiente de Ca, el eje mayor de la inclusión de tipo A en el acero aumenta aún más en comparación con el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca. La razón para este aumento se considera que es debido a que en el caso de la adición independiente de Ca, se genera un óxido de bajo punto de ebullición basado en CaO—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y este óxido se alarga durante la laminación. En consecuencia, cuando también se considera el eje mayor de la inclusión que tiene un efecto adverso sobre las características de la chapa de acero, la adición de material compuesto de REM y Ca es más preferida que la adición independiente de Ca.

Partiendo del resultado, se puede observar que en el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca en las condiciones que satisfacen la Expresión I, la densidad numérica de las inclusiones de tipo A en el acero se puede reducir preferiblemente a 5 piezas/mm<sup>2</sup> o menos.

Además, cuando el valor de R1 es 1 como una composición media, un equivalente de Ca y REM que se une a S en el acero está presentes en el acero. Aunque, en realidad, incluso cuando el valor de R1 es 1, existe la preocupación de que se pueda generar MnS en el área de microsegregación entre las ramificaciones dendríticas. Cuando el valor de R1 es 2 o más, se puede evitar preferiblemente la generación de MnS en el área de microsegregación. Por otra parte, cuando se añade una gran cantidad de Ca o REM y por lo tanto el valor de R1 excede 5, hay una tendencia a generarse inclusiones de tipo B e inclusiones de tipo C gruesas que tienen un eje mayor superior a 20  $\mu\text{m}$ . En consecuencia, es preferible que el valor de R1 sea 5 o menos. Es decir, es preferible que el límite superior de la Expresión I sea 5 o menos.

Con respecto a las inclusiones de tipo B y las inclusiones de tipo C

Como se describió anteriormente, se observa el plano de observación de la chapa de acero laminada en caliente para medir la densidad numérica de las inclusiones de tipo B y de las inclusiones de tipo C que tienen una relación de aspecto (eje mayor/eje menor) de menos de 3, y un tamaño de partícula o eje mayor de 1  $\mu\text{m}$  o más. Como resultado, se ha descubierto que tanto en el caso de la adición independiente de Ca como en el el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca, cuanto mayor es la cantidad de Ca, más aumenta la densidad numérica de las inclusiones de tipo B y de las inclusiones de tipo C. Por otra parte, se ha descubierto que la cantidad de REM no tiene un gran efecto sobre la densidad numérica de las inclusiones.

La FIG. 2 muestra una relación entre la cantidad de Ca en el acero, y una densidad numérica del número total de las inclusiones de tipo B y de las inclusiones de tipo C en el caso de la adición independiente de Ca y en el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca. Además, como se describió anteriormente, la cantidad de C en el acero es de 0,7% en masa. En la FIG. 2, una marca en forma de círculo representa los resultados de la adición independiente de Ca, y una marca en forma de cuadrado representa los resultados de la adición de material compuesto de REM y Ca. Partiendo de la FIG. 2, se puede observar que tanto en el caso de la adición independiente de Ca, como en el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca, cuanto más aumenta la cantidad de Ca en el acero, más aumenta la densidad numérica del número total de las inclusiones de tipo B y de las inclusiones de tipo C. Además, cuando la cantidad de Ca en el caso de la adición independiente de Ca, y la cantidad de Ca en el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca se comparan entre sí en la misma cantidad de Ca, la densidad numérica del total de las inclusiones de tipo B y de las inclusiones de tipo C se convierte sustancialmente en el mismo valor. Es decir, incluso cuando REM y Ca se añaden como material compuesto al acero, se puede observar que REM no tiene efecto sobre la densidad numérica del total de las inclusiones de tipo B y las inclusiones de tipo C.

Como se describió anteriormente, es preferible aumentar la cantidad de Ca y la cantidad de REM en el acero dentro del intervalo anteriormente descrito con el fin de reducir el número de inclusiones de tipo A. Por otra parte, cuando se aumenta una cantidad añadida de Ca con el fin de reducir el número de inclusiones de tipo A, como se describió anteriormente, existe el problema del aumento del número de inclusiones de tipo B e inclusiones de tipo C. Es decir, en el caso de la adición independiente de Ca, puede decirse que es difícil reducir el número de inclusiones de tipo A, inclusiones de tipo B, e inclusiones de tipo C al mismo tiempo. A la inversa, en el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca, se puede reducir la cantidad de Ca asegurando al mismo tiempo el equivalente químico (el valor de R1) de REM y Ca que se unen a S. En consecuencia, se prefiere la adición de material compuesto. Es decir, en el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca, está probado que la densidad numérica de las inclusiones de tipo A se pueden reducir preferiblemente sin aumentar la densidad numérica del número total de las inclusiones de tipo B y de las inclusiones de tipo C.

El motivo por el que la densidad numérica del número total de las inclusiones de tipo B y de las inclusiones de tipo C depende de la cantidad de Ca como se describió anteriormente se supone que es como sigue.

Como se describió anteriormente, en el caso de la adición independiente de Ca, inclusiones basadas en  $\text{CaO—Al}_2\text{O}_3$  se forman en el acero. Estas inclusiones son de un óxido de bajo punto de fusión, y por lo tanto las inclusiones están presentes en el acero fundido en una fase líquida, y las inclusiones son menos propensas a formar agregados y ser incorporadas unas con las otras en el acero fundido. Es decir, las inclusiones son menos propensas a flotar y separarse del acero fundido. En consecuencia, una pluralidad de inclusiones que tienen tamaños de varios micrómetros permanece en un desbaste plano de una manera dispersa, y por lo tanto aumenta la densidad numérica del número total de las inclusiones de tipo B y de las inclusiones de tipo C.

Además, como se describió anteriormente, incluso en el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca, de manera similar, la densidad numérica de la cantidad total de inclusiones de tipo B e inclusiones de tipo C aumenta dependiendo de la cantidad de Ca. En el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca, las inclusiones en las que la cantidad de REM es alta sirven como un núcleo, y las inclusiones en las que la cantidad de Ca es alta se generan en las proximidades del núcleo. Es decir, una superficie de las inclusiones en las que la cantidad de Ca es alta tiene una fase líquida en el acero fundido, y se supone que el comportamiento de agregación e incorporación de las mismas es similar al de las inclusiones basadas en  $\text{CaO—Al}_2\text{O}_3$  que se generan durante la adición independiente de Ca. En consecuencia, una pluralidad de inclusiones permanece en el desbaste plano de una manera dispersa, y por lo tanto se considera que aumenta la densidad numérica de la cantidad total de las inclusiones de tipo B y de las inclusiones de tipo C.

Además, cuando el tamaño de partícula o el eje mayor de la inclusión basada en  $\text{CaO—Al}_2\text{O}_3$  excede aproximadamente  $4\ \mu\text{m}$  a  $5\ \mu\text{m}$ , esta inclusión se alarga debido a la laminación, y se convierte en inclusión de tipo A. Por otra parte, la inclusión basada en  $\text{CaO—Al}_2\text{O}_3$  que tiene el tamaño de partícula o el eje mayor aproximadamente menor que  $4\ \mu\text{m}$  a  $5\ \mu\text{m}$  difícilmente se alarga por la laminación (la relación de eje mayor/eje menor es inferior a 3), y por lo tanto esta inclusión se convierte en la inclusión de tipo B o en la inclusión de tipo C. Además, las inclusiones generadas en el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca y en las que la cantidad de REM es alta, difícilmente se alargan por la laminación. Como resultado, en todas las inclusiones que incluyen inclusiones generadas en las proximidades de las inclusiones que se generan en el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca y en las que la cantidad de Ca es alta, se evita el alargamiento de las mismas debido a la laminación. Es decir, en el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca, incluso cuando están presentes inclusiones relativamente gruesas, difícilmente se alargan por la laminación, y por lo tanto las inclusiones se componen principalmente de las inclusiones de tipo B o de las inclusiones de tipo C.

Además, los autores han descubierto que la densidad numérica de las inclusiones de tipo B y las inclusiones de tipo C también se ve afectada por la cantidad de C en el acero. A continuación, se describirá el efecto de la cantidad de C en el acero.

Se prepara un lingote en el que la cantidad de C es de 0,5% en masa, y se realiza un experimento mediante el mismo método como se describió anteriormente para medir la densidad numérica de las inclusiones de tipo B y las inclusiones de tipo C. Además, los resultados experimentales del acero en los que la cantidad de C es de 0,5% y los resultados experimentales del acero anteriormente descritos en los la cantidad de C es de 0,7% se comparan entre sí.

Como resultado de la comparación, es evidente que la densidad numérica del número total de inclusiones de tipo B e inclusiones de tipo C tiene una correlación con la cantidad de Ca y la cantidad de C. Es decir, se ha descubierto que incluso cuando la cantidad de Ca es igual, cuanto mayor es la cantidad de C, más aumenta la densidad numérica del número total de las inclusiones de tipo B y de las inclusiones de tipo C. Específicamente, se ha descubierto que es necesario que las cantidades del elemento respectivo en los componentes químicos que están representadas en % en masa se controlen en un intervalo expresado por la siguiente Expresión II, con el fin de hacer que la densidad numérica del número total de inclusiones de tipo B e inclusiones de tipo C sea de 5 piezas/ $\text{mm}^2$  o menos.

$$\text{Ca} \leq 0,005 - 0,0035 \times \text{C} \quad (\text{Expresión II})$$

La Expresión II representa que es necesario que el límite superior de la cantidad de Ca se cambie en base a la cantidad de C. Es decir, a medida que aumenta la cantidad de C, es necesario reducir el límite superior de la cantidad de Ca. Además, pese a que el límite inferior de la Expresión II no se limita particularmente, 0,0005 que es el límite inferior de la cantidad de Ca en % en masa se convierte en el límite inferior de la Expresión II.

El motivo por el que cuanto más aumenta la cantidad de C, más aumenta la densidad numérica del número total de inclusiones de tipo B e inclusiones de tipo C se considera que es como sigue. Cuando la concentración de C en el acero fundido es alta, el intervalo de temperatura de solidificación desde una temperatura de línea líquida hasta una temperatura de línea sólida se amplía, y por lo tanto se desarrolla una estructura dendrítica durante la solidificación. Es decir, se supone que la estructura dendrítica se desarrolla, y como resultado, se promueve la microsegregación de un elemento de soluto entre sólido y líquido, y la inclusión tiene una tendencia a quedarse atrapada entre las ramificaciones dendríticas (las inclusiones son menos propensas a descargarse en el acero fundido desde un sitio entre las ramificaciones dendríticas). En consecuencia, cuando la cantidad de C es grande en el acero donde la estructura dendrítica tiene una tendencia a desarrollarse durante la solidificación, es necesario bajar el límite superior de la cantidad de Ca con el fin de satisfacer la Expresión II.

Como se describió anteriormente, se puede observar que cuando se añade una cantidad apropiada de REM y Ca según la cantidad de C, se puede reducir eficazmente la cantidad de cualquiera de las inclusiones de tipo A, inclusiones de tipo B e inclusiones de tipo C. Aparte de este descubrimiento, los autores también han examinado la morfología de las inclusiones que tienen una tendencia a servir como un punto de origen de fractura por fatiga.

Con respecto a los carbonitruros que incluyen Ti

En general, Ti se añade al acero usado para los elementos con el fin de mejorar la resistencia (dureza). En el caso de carbonitruros que incluyen Ti, tal como TiN se genera como inclusiones en el acero. Los carbonitruros que incluyen Ti tienen alta dureza, y tienen una forma angular. Cuando los carbonitruros gruesos que incluyen Ti se generan independientemente en el acero, estos carbonitruros tienen una tendencia a servir como un punto de origen de fractura, y por lo tanto se pueden deteriorar la tenacidad o propiedades de fatiga.

Como se describió anteriormente, a partir del examen de la relación entre los carbonitruros que incluyen Ti, la tenacidad y las propiedades de fatiga, se puede observar que cuando la densidad numérica de los carbonitruros que incluyen Ti que tienen una longitud de lado largo de  $5\ \mu\text{m}$  o más es de 3 piezas/ $\text{mm}^2$  o menos, las fracturas son menos propensas a producirse, y por lo tanto se puede evitar el deterioro de la tenacidad o de las propiedades de fatiga. En la presente memoria, se supone que los carbonitruros que incluyen Ti incluyen carburo de TiNb, nitruro de



TiNb, carbonitruro de TiNb, y similares cuando se incluye Nb como un elemento opcional, además de carburo de Ti, nitruro de Ti, y carbonitruro de Ti.

Es preferible reducir la cantidad de Ti con el fin de reducir los carbonitruros gruesos que incluyen Ti. Sin embargo, cuando se reduce la cantidad de Ti, es difícil mejorar preferiblemente la resistencia (dureza) del acero. Por lo tanto, los autores han examinado las condiciones para reducir la cantidad de carbonitruros gruesos que incluyen Ti. Como resultado, los autores han descubierto que en el caso de adición de REM o en el caso de la adición de material compuesto de REM y Ca, una inclusión de material compuesto que incluye Al, O, S, y REM (que incluye además Ca en el caso de añadir REM y Ca) se genera en el acero, y los carbonitruros que incluyen Ti tienen una tendencia a precipitarse como material compuesto preferencialmente en las inclusiones de material compuesto que incluyen REM, y por lo tanto estos casos son preferidos. Cuando los carbonitruros que incluyen Ti se precipitan como material compuesto preferiblemente en la inclusión de material compuesto que incluye REM, se pueden reducir preferiblemente los carbonitruros que incluyen Ti que se generan independientemente en el acero en una forma angular. Es decir, la densidad numérica de los carbonitruros que incluyen Ti gruesos independientes que tienen una longitud del lado largo de 5  $\mu\text{m}$  o más se puede reducir preferiblemente a 3 piezas/ $\text{mm}^2$  o menos.

Los carbonitruros que incluyen Ti que se precipitan como material compuesto sobre la inclusión de material compuesto que incluye REM, son menos propensos a servir como un punto de origen de fractura. El motivo de esto se considera que es como sigue. Cuando los carbonitruros que incluyen Ti se precipitan como material compuesto sobre la inclusión de material compuesto que incluye REM, el tamaño de la parte con forma angular de los carbonitruros que incluyen Ti es pequeño. Por ejemplo, puesto que los carbonitruros que incluyen Ti tienen una forma cúbica o una forma rectangular de paralelepípedo, en el caso donde el carbonitruro que incluye Ti está independientemente presente en el acero, 8 esquinas de los carbonitruros que incluyen Ti entran en contacto con una matriz. A la inversa, en el caso donde los carbonitruros que incluyen Ti se precipitan como material compuesto sobre la inclusión de material compuesto que incluye REM, y por ejemplo, la mitad de los carbonitruros que incluyen Ti entran en contacto con la matriz, únicamente cuatro sitios de los carbonitruros que incluyen Ti entran en contacto con la matriz. Es decir, la esquina de los carbonitruros que incluyen Ti que entra en contacto con la matriz se reduce de 8 sitios to 4 sitios. Como resultado, disminuye un punto de origen de fractura.

Además, el motivo por el que los carbonitruros que incluyen Ti tienen una tendencia a precipitarse como material compuesto preferencialmente sobre la inclusión de material compuesto que incluye REM, se supone que es como sigue. Los carbonitruros que incluyen Ti se precipitan sobre un plano cristalino específico de la inclusión de material compuesto de REM, y por lo tanto las propiedades de adaptación de la red entre el plano cristalino de la inclusión de material compuesto de REM y los carbonitruros que incluyen Ti llegan a ser satisfactorias.

A continuación, se describirán los componentes químicos de la chapa de acero según la realización.

En primer lugar, con respecto a los componentes básicos de la chapa de acero según la realización, se describirán un intervalo de limitación del valor numérico y el motivo de la limitación. En la presente memoria, % representa % en masa.

C: 0,5% a 0,8%

C (carbono) es un elemento importante para asegurar la resistencia (dureza) de la chapa de acero. La resistencia de la chapa de acero se asegura fijando la cantidad de C en 0,5% o más. Cuando la cantidad de C es inferior a 0,5%, la templabilidad disminuye, y por lo tanto puede no obtenerse la resistencia necesaria para una chapa de acero de alta resistencia para la estructura mecánica. Por otra parte, cuando la cantidad de C excede 0,8%, se requiere mucho tiempo de tratamiento térmico para asegurar la tenacidad o trabajabilidad, y por lo tanto cuando el tratamiento térmico no se realiza por mucho tiempo, existe la preocupación de que se puedan deteriorar la tenacidad y las propiedades de fatiga de la chapa de acero. En consecuencia, la cantidad de C se controla para que sea de 0,5% a 0,8%. El límite inferior de la cantidad de C se fija preferiblemente en 0,65%, y el límite superior de la cantidad de C se fija preferiblemente en 0,78%.

Si: 0,15% a 0,60%

Si (silicio) sirve como desoxidante. Además, Si es un elemento que es eficaz para mejorar la resistencia (dureza) de la chapa de acero al aumentar la templabilidad. Cuando la cantidad de Si es inferior a 0,15%, puede no obtenerse el efecto de adición anteriormente descrito. Por otra parte, cuando la cantidad de Si excede 0,60%, existe la preocupación de que se produzca un deterioro de las propiedades superficiales de la chapa de acero, el cual es causado por defectos de escamas durante la laminación en caliente. En consecuencia, la cantidad de Si se controla para que sea de 0,15% a 0,60%. El límite inferior de la cantidad de Si se fija preferiblemente en 0,20%, y el límite superior de la cantidad de Si se fija preferiblemente en 0,55%.

Mn: 0,40% a 0,90%

Mn (manganeso) es un elemento que sirve como un desoxidante. Además, Mn es un elemento que es eficaz para mejorar la resistencia (dureza) de la chapa de acero al aumentar su templabilidad. Cuando la cantidad de Mn es inferior a 0,40%, el efecto puede no obtenerse de forma suficiente. Por otra parte, cuando la cantidad de Mn excede

0,90%, existe la preocupación de que se pueda deteriorar la tenacidad de la chapa de acero. En consecuencia, la cantidad de Mn se controla para que sea de 0,40% a 0,90%. El límite inferior de la cantidad de Mn se fija preferiblemente en 0,50%, y el límite superior de la cantidad de Mn se fija preferiblemente en 0,75%.

Al: 0,010% a 0,070%

- 5 Al (aluminio) es un elemento que sirve como un desoxidante. Además, Al es un elemento que es eficaz para aumentar la trabajabilidad de la chapa de acero al fijar N. Cuando la cantidad de Al es inferior a 0,010%, puede no obtenerse el efecto de adición anteriormente descrito de forma suficiente. Cuando la desoxidación no es suficiente, el efecto de reducir el número de inclusiones de tipo A mediante REM o Ca no se muestra de manera suficiente, y por lo tanto es necesario añadir 0,010% o más de Al. Por otra parte, cuando la cantidad de Al excede 0,070%, el efecto de adición anteriormente descrito se satura, y una inclusión gruesa aumenta, y por lo tanto existe la preocupación de que se deteriore la tenacidad o haya una tendencia a producirse un defecto de superficie. En consecuencia, la cantidad de Al se controla para que sea de 0,010% a 0,070%. El límite inferior de la cantidad de Al se fija preferiblemente en 0,020%, y el límite superior de la cantidad de Al se fija preferiblemente en 0,045%.

Ti: 0,001% a 0,010%

- 15 Ti (titanio) es un elemento que es eficaz para mejorar la resistencia (dureza) de la chapa de acero. Cuando la cantidad de Ti es inferior a 0,001%, el efecto anteriormente descrito puede no obtenerse de forma suficiente. Por otra parte, cuando la cantidad de Ti excede 0,010%, se genera una gran cantidad de TiN que tiene una forma angular, y por lo tanto existe la preocupación de que pueda disminuir la tenacidad de la chapa de acero. En consecuencia, la cantidad de Ti se controla para que sea de 0,001% a 0,010%. El límite superior de la cantidad de Ti se fija preferiblemente en 0,007%.

Cr: 0,30% a 0,70%

- 25 Cr (cromo) es un elemento que es eficaz para mejorar la resistencia (dureza) de la chapa de acero al aumentar su templabilidad. Cuando la cantidad de Cr es inferior a 0,30%, el efecto de adición anteriormente descrito puede no ser suficiente. Por otra parte, cuando la cantidad de Cr excede 0,70%, aumenta el coste de adición, y se satura el efecto de adición. Por lo tanto, la cantidad de Cr se controla para que sea de 0,30% a 0,70%. El límite inferior de la cantidad de Cr se fija preferiblemente en 0,35%, y el límite superior de la cantidad de Cr se fija preferiblemente en 0,50%.

Ca: 0,0005% a 0,0030%

- 30 Ca (calcio) es un elemento eficaz para mejorar la tenacidad y las propiedades de fatiga de la chapa de acero al controlar la morfología de las inclusiones. Cuando la cantidad de Ca es inferior a 0,0005%, el efecto anteriormente descrito puede no obtenerse de forma suficiente. Además, como es el mismo caso con la adición independiente de REM que se describirá más adelante, existe la preocupación de que se produzca obstrucción de la boquilla durante la colada continua y por lo tanto la operación no sea estable. Asimismo, existe la preocupación de que las inclusiones de alta gravedad específica se depositen sobre un lado de la superficie inferior de un desbaste plano, y por lo tanto se puedan deteriorar la tenacidad o las propiedades de fatiga de la chapa de acero. Por otra parte, cuando la cantidad de Ca excede 0,0030%, por ejemplo, las inclusiones de óxido de bajo punto de ebullición gruesas, tal como las inclusiones basadas en  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ , o inclusiones tal como las inclusiones basadas en CaS que se alargan fácilmente durante la laminación tienen una tendencia a generarse, y por lo tanto existe la preocupación de que se puedan deteriorar la tenacidad o las propiedades de fatiga de la chapa de acero. Asimismo, tiende a producirse una erosión de la boquilla refractaria, y por lo tanto existe la preocupación de que la operación de colada continua pueda no ser estable. En consecuencia, la cantidad de Ca se controla para que sea de 0,0005% a 0,0030%. El límite inferior de la cantidad de Ca se fija preferiblemente en 0,0007%, y más preferiblemente en 0,0010%. El límite superior de la cantidad de Ca se fija preferiblemente en 0,0025%, y más preferiblemente en 0,0020%.

- 45 Asimismo, es necesario controlar el límite superior de la cantidad de Ca según la cantidad de C. Específicamente, es necesario que las cantidades de los elementos respectivos en los componentes químicos que están representadas en % en masa se controlen en un intervalo expresado por la siguiente Expresión III. En el caso donde la cantidad de Ca no satisface la siguiente Expresión III, la densidad numérica del número total de inclusiones de tipo B e inclusiones de tipo C excede 5 piezas/mm<sup>2</sup>.

- 50  $\text{Ca} \leq 0,005 - 0,0035 \times \text{C}$  (Expresión III)

REM: 0,0003% a 0,0050%

- 55 REM (Metal de tierras raras) representa un elemento de tierras raras, y REM representa colectivamente 17 elementos que incluyen escandio Sc (número atómico es 21), ytrio Y (número atómico es 39), y lantánidos (15 elementos de lantano que tienen un número atómico de 57 a lutecio que tiene un número atómico de 71). La chapa de acero según la realización incluye al menos un elemento seleccionado de los elementos. En general, como REM, se hace una selección entre Ce (cerio), La (lantano), Nd (neodimio), Pr (praseodimio), y similares desde el punto de

vista de la fácil disponibilidad de los mismos. Como método de adición, se ha realizado ampliamente, por ejemplo, un método de adición de los elementos al acero como un metal de Misch que es una mezcla de estos elementos. En la chapa de acero según la realización, la cantidad total de estos elementos de tierras raras incluida en la chapa de acero se establece como la cantidad de REM.

- 5 REM es un elemento que es eficaz para mejorar la tenacidad y las propiedades de fatiga de la chapa de acero al controlar la morfología de las inclusiones en la misma. Cuando la cantidad de REM es inferior a 0,0003%, el efecto anteriormente descrito puede no obtenerse de forma suficiente, y puede producirse el mismo problema que la adición independiente de Ca. Es decir, la inclusión basada en  $\text{CaO—Al}_2\text{O}_3$  o algo de CaS se alarga debido a la laminación, y por lo tanto existe la preocupación de que se produzca un deterioro de las características de la chapa de acero. Además, puesto que la inclusión de material compuesto que incluye Al, Ca, O, S, y REM sobre la cual los carbonitruros que incluyen Ti tienen una tendencia a componerse preferentemente es inferior, los carbonitruros que incluyen Ti que se generan independientemente en la chapa de acero aumenta, y la tenacidad o las propiedades de fatiga tienen una tendencia a deteriorarse. Por otra parte, cuando la cantidad de REM excede 0,0050%, existe una tendencia a producirse una obstrucción de la boquilla durante la colada continua. Además, puesto que la densidad numérica de las inclusiones basadas en REM (óxido o oxisulfuro) que se genera aumenta relativamente, existe la preocupación de que estas inclusiones se depositen sobre un lado de la superficie inferior de un desbaste plano que es curvado durante la colada continua y pueda producirse un defecto interno de un producto obtenido mediante laminación del desbaste plano. Asimismo, existe la preocupación de que se puedan deteriorar la trabajabilidad de punzonado en frío, la tenacidad y las propiedades de fatiga de la chapa de acero. En consecuencia, la cantidad de REM se controla para que sea de 0,0003% a 0,0050%. El límite inferior de la cantidad de REM se fija preferiblemente en 0,0005%, y más preferiblemente en 0,0010%. El límite superior de la cantidad de REM se fija preferiblemente en 0,0010%, y más preferiblemente en 0,0030%.

Asimismo, es necesario que las cantidades de Ca y REM se controlen dependiendo de la cantidad de S. Específicamente, es necesario que las cantidades de los elementos respectivos en los componentes químicos que están representadas en % en masa se controlen en un intervalo expresado por la siguiente Expresión IV. Cuando la cantidad de Ca, la cantidad de REM, y la cantidad de S no satisfacen la siguiente Expresión IV, la densidad numérica de la inclusión de tipo A excede 5 piezas/ $\text{mm}^2$ . Además, cuando el valor de la parte derecha de la siguiente Expresión IV es 2 o más, la morfología de la inclusión se puede controlar preferiblemente aún más. Además, el límite superior de la siguiente Expresión IV no se limita particularmente. Sin embargo, cuando el valor de la parte derecha de la siguiente Expresión IV excede 7, existe una tendencia a generarse inclusiones de tipo B y C gruesas que tienen una longitud máxima que excede 20  $\mu\text{m}$ . En consecuencia, el límite superior de la siguiente Expresión IV es preferiblemente 7.

$$0,3 \leq \{ \text{Ca}/40,88 + (\text{REM}/140)/2 \} \{ \text{S}/32,07 \} \quad (\text{Expresión IV})$$

Además, cuando se usa (La/138,9+Ce/140,1+Nd/144,2) en lugar de (REM/140) en la Expresión IV, la cantidad de Ca y la cantidad de cada REM se puede controlar de una manera más precisa dependiendo de la cantidad de S. Asimismo, se puede controlar preferiblemente la morfología de las inclusiones.

La chapa de acero según la realización incluye impurezas inevitables además de los componentes básicos anteriormente descritos. En la presente memoria, las impurezas inevitables representan un material auxiliar tal como chatarra y elementos tales como P, S, O, N, Cd, Zn, Sb, W, Mg, Zr, As, Co, Sn, y Pb que se incluyen inevitablemente en los procesos de fabricación. Entre estos, P, S, O, y N permiten que se muestre preferiblemente el efecto anteriormente descrito, y por lo tanto estos elementos se limitan como sigue. Además, la cantidad de impurezas inevitables distintas a P, S, O, y N están preferiblemente cada una limitada a 0,01% o menos. Sin embargo, pese a que estas impurezas están incluidas en una cantidad de 0,01% o menos, no se pierde el efecto anteriormente descrito. En la presente memoria, % representa % en masa.

45 P: 0,020% o menos

P es un elemento que tiene una función de endurecimiento por disolución sólida. Sin embargo, P es un elemento de impureza que deteriora la tenacidad de la chapa de acero cuando se incluye excesivamente. En consecuencia, la cantidad de P se limita a 0,020% o menos. Además, P se incluye inevitablemente en el acero, y por lo tanto no es necesario limitar particularmente el límite inferior de la cantidad de P. El límite inferior de la cantidad de P puede ser de 0%. Además, cuando se considera el afino general actual (que incluye afino secundario), el límite inferior de la cantidad de P puede ser de 0,005%.

S: 0,0070% o menos

S (azufre) es un elemento de impureza que forma inclusiones no metálicas, y deteriora la trabajabilidad y tenacidad de la chapa de acero. En consecuencia, la cantidad de S se limita a 0,0070% o menos, y preferiblemente a 0,005% o menos. Además, S se incluye inevitablemente en el acero, y por lo tanto el límite inferior de la cantidad de S no se limita particularmente. El límite inferior de la cantidad de S puede ser de 0%. Además, cuando se considera el afino general actual (que incluye afino secundario), el límite inferior de la cantidad de S puede ser de 0,0003%.

O: 0,0040% o menos

O (oxígeno) es un elemento de impureza que forma un óxido (inclusión no metálica). El óxido se condensa y se hace más grueso, y deteriora la tenacidad de la chapa de acero. En consecuencia, la cantidad de O se limita a 0,0040% o menos. Además, O se incluye inevitablemente en el acero, y por lo tanto no es necesario limitar particularmente el límite inferior de la cantidad de O. El límite inferior de la cantidad de O puede ser de 0%. Además, considerando el afino general actual (que incluye afino secundario), el límite inferior de la cantidad de O puede ser de 0,0010%. La cantidad de O de la chapa de acero según la realización representa la cantidad total de O (la cantidad de T.O) que es la suma de todas las cantidades de O que incluyen O en disolución sólida en el acero, O presente en inclusiones, y similares.

Asimismo, la cantidad de O y la cantidad de REM se controlan preferiblemente para que estén en el intervalo expresado por la siguiente Expresión V usando las cantidades de elementos respectivos representadas en % en masa. Cuando se satisface la siguiente Expresión V, la densidad numérica de las inclusiones de tipo A se reduce preferiblemente aún más. Además, el límite superior de la siguiente Expresión V no se limita particularmente. A partir del límite superior y el límite inferior de la cantidad de O y la cantidad de REM, 0,000643 se convierte en el límite superior de la siguiente Expresión V.

$$18 \times (\text{REM}/140) - \text{O}/16 \geq 0 \quad (\text{Expresión V})$$

Quando se controla la cantidad de O y la cantidad de REM, y por lo tanto cuando se genera un tipo mixto de dos clases de óxidos de material compuesto que incluyen  $\text{REM}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$  (una relación en moles de  $\text{REM}_2\text{O}_3$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  es 1:11) y  $\text{REM}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  (una relación en moles de  $\text{REM}_2\text{O}_3$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  es 1:1), el número de inclusiones de tipo A se reduce preferiblemente aún más.  $\text{REM}/140$  en la Expresión V representa una relación en moles de REM, y  $\text{O}/16$  representa una relación en moles de O. Para generar el tipo mixto de  $\text{REM}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{REM}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , es preferible añadir la cantidad de REM para satisfacer la Expresión V. Cuando la cantidad de REM es pequeña, y no satisface la Expresión V, existe la preocupación de que pueda generarse un tipo mixto de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{REM}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$ . Existe la preocupación de que  $\text{Al}_2\text{O}_3$  reaccione con CaO para generar una inclusión basada en  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ , y la inclusión basada en  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  se alargue debido a la laminación.

N: 0,0075% o menos

N (nitrógeno) forma un nitruro (inclusión no metálica). N es un elemento de impureza que disminuye la tenacidad y las propiedades de fatiga de la chapa de acero. En consecuencia, la cantidad de N se limita a 0,075% o menos. Además, N se incluye inevitablemente en el acero, y por lo tanto no es necesario limitar particularmente el límite inferior de la cantidad de N. El límite inferior de la cantidad de N puede ser de 0%. Además, cuando se considera el afino general actual (que incluye afino secundario), el límite inferior de la cantidad de N puede ser de 0,0010%.

En la chapa de acero según la realización, se controlan los componentes básicos anteriormente descritos, y el resto incluye Fe e impurezas inevitables. Sin embargo, en la chapa de acero según la presente realización, los siguientes componentes opcionales se pueden incluir además en el acero según sea necesario adicionalmente a los componentes básicos en sustitución de una parte de Fe incluida en el resto.

Es decir, una chapa de acero laminada en caliente según la realización puede incluir además al menos uno entre Cu, Nb, V, Mo, Ni, y B como un componente opcional distinto a los componentes básicos anteriormente descritos y las impurezas inevitables. En lo sucesivo, se describirán un intervalo de limitación del valor numérico y el motivo de la limitación. % representa % en masa.

Cu: 0% a 0,05%

Cu (cobre) es un elemento opcional que tiene el efecto de mejorar la resistencia (dureza) de la chapa de acero. En consecuencia, Cu se puede añadir en un intervalo de 0% a 0,05%, según sea necesario. Además, cuando el límite inferior de la cantidad de Cu se fija en 0,01%, puede obtenerse preferiblemente el efecto anteriormente descrito. Por otra parte, cuando la cantidad de Cu excede 0,05%, existe la preocupación de que se pueda producir una grieta de trabajo en caliente durante la laminación en caliente debido a la fragilidad del metal líquido (grieta en Cu). El límite inferior de la cantidad de Cu se fija preferiblemente en 0,02%. El límite superior de la cantidad de Cu se fija preferiblemente en 0,04%.

Nb: 0% a 0,05%

Nb (niobio) forma carbonitruros. Nb es un elemento opcional que es eficaz en evitar el engrosamiento de los granulos o en mejorar la tenacidad. En consecuencia, Nb se puede añadir en un intervalo de 0% a 0,05%, según sea necesario. Además, cuando el límite inferior de la cantidad de Nb se fija en 0,01%, puede obtenerse preferiblemente el efecto anteriormente descrito. Por otra parte, cuando la cantidad de Nb excede 0,05%, los carbonitruros de Nb gruesos se precipitan y por lo tanto existe la preocupación de que se pueda producir una disminución en la tenacidad de la chapa de acero. El límite inferior de la cantidad de Nb se fija preferiblemente en 0,02%. El límite superior de la cantidad de Nb se fija preferiblemente en 0,04%.

## ES 2 609 033 T3

V: 0% a 0,05%

5 V (vanadio) forma carbonitruros análogamente a Nb. V es un elemento opcional que es eficaz en evitar el engrosamiento de los gránulos o en mejorar la tenacidad. En consecuencia, V se puede añadir en un intervalo de 0% a 0,05%, según sea necesario. Además, cuando el límite inferior de la cantidad de V se fija en 0,01%, se puede obtener preferiblemente el efecto anteriormente descrito. Por otra parte, cuando la cantidad de V excede 0,05%, se generan precipitados gruesos y por lo tanto existe la preocupación de que se pueda producir una disminución de la tenacidad de la chapa de acero. Un intervalo preferido es de 0,02% a 0,04%. El límite inferior de la cantidad de V se fija preferiblemente en 0,02%. El límite superior de la cantidad de V se fija preferiblemente en 0,04%.

Mo: 0% a 0,05%

10 Mo (molibdeno) es un elemento opcional que tiene un efecto de mejorar la resistencia (dureza) de la chapa de acero a través de la mejora de la templabilidad y de la mejora de la resistencia al ablandamiento por revenido. En consecuencia; Mo se puede añadir en una cantidad en el intervalo de 0% a 0,05% según sea necesario. Además, cuando el límite inferior de la cantidad de Mo se fija en 0,01%, se puede obtener preferiblemente el efecto anteriormente descrito. Por otra parte, cuando la cantidad de Mo excede 0,05% el coste de adición aumenta, sin embargo el efecto de adición se satura. Por lo tanto, el límite superior se fija en 0,05%. Un intervalo preferido es de 0,01% a 0,05%.

Ni: 0% a 0,05%

20 Ni (níquel) es un elemento opcional que es eficaz para la mejora de la resistencia (dureza) de la chapa de acero y la mejora de la tenacidad de la misma a través de la mejora de la templabilidad. Además, Ni es un elemento opcional que tiene el efecto de evitar la fragilidad del metal líquido (grieta en Cu) durante la adición de Cu. En consecuencia, Ni se puede añadir en una cantidad en el intervalo de 0% a 0,05% según sea necesario. Además, cuando el límite inferior de la cantidad de Ni se fija en 0,01%, se puede obtener preferiblemente el efecto anteriormente descrito. Por otra parte, cuando la cantidad de Ni excede 0,05%, el coste de adición aumenta, sin embargo el efecto de la adición se satura, y por lo tanto el límite superior se fija en 0,05%. Un intervalo preferido es de 0,02% a 0,05%.

25 B: 0% a 0,0050%

30 B (boro) es un elemento opcional que es eficaz en mejorar la resistencia (dureza) de la chapa de acero al mejorar la templabilidad. En consecuencia, B se puede añadir en una cantidad en el intervalo de 0% a 0,0050% según sea necesario. Además, cuando el límite inferior de la cantidad de B se fija en 0,0010%, se puede obtener preferiblemente el efecto anteriormente descrito. Por otra parte, cuando la cantidad de B excede 0,0050%, se genera el compuesto de tipo B y por lo tanto disminuye la tenacidad de la chapa de acero. Por consiguiente, el límite superior se fija en 0,0050%. El límite inferior de la cantidad de B se fija preferiblemente en 0,0020%. El límite superior de la cantidad de B se fija preferiblemente en 0,0040%.

A continuación, se describirá una estructura metalográfica de la chapa de acero según la realización.

35 La estructura metalográfica de la chapa de acero según la realización no se limita particularmente siempre y cuando se satisfaga la morfología anteriormente descrita de las inclusiones y se satisfagan los componentes químicos anteriormente descritos. Sin embargo, en las condiciones descritas en la siguiente realización, una estructura metalográfica de una chapa de acero que se produce por recocido después de la laminación en frío tiene principalmente ferrita + cementita esférica. Además, la relación de esferoidización de cementita es de 90% o más.

40 La densidad numérica de los carbonitruros que incluyen Ti que tienen un lado largo de 5  $\mu\text{m}$  o más: 3 piezas/ $\text{mm}^2$  o menos.

45 En la chapa de acero según la realización, se especifica un tipo presencial de carbonitruro que incluye Ti con el fin de mejorar las propiedades de fatiga. Ti se añade a la chapa de acero según la realización con el fin de mejorar la resistencia (dureza). Cuando se incluye Ti, los carbonitruros que incluyen Ti tal como TiN se generan en el acero como inclusiones. Puesto que los carbonitruros que incluyen Ti tienen una alta dureza y tienen una forma angular, cuando los carbonitruros gruesos que incluyen Ti se generan de forma independiente en el acero, los carbonitruros que incluyen Ti tienen una tendencia a servir como un punto de origen de fractura por fatiga. En consecuencia, para suprimir el deterioro de las propiedades de fatiga, la densidad numérica de los carbonitruros que incluyen Ti que no se precipitan como material compuesto en combinación con otras inclusiones, están presentes de forma independiente en el acero y tienen un lado largo de 5  $\mu\text{m}$  o más, se fija en 3 piezas/ $\text{mm}^2$ . Cuando la densidad numérica de los carbonitruros que incluyen Ti es de 3 piezas/ $\text{mm}^2$  o menos, las fracturas por fatiga son menos propensas a producirse. Además, como un método de controlar la densidad numérica de los carbonitruros que incluyen Ti que están presentes de forma independiente en el acero y tienen un lado largo de 5  $\mu\text{m}$  o más, como se describió anteriormente, es preferible permitir que los carbonitruros que incluyen Ti preferencialmente se precipiten como material compuesto sobre la inclusión de material compuesto que incluye REM.

55

La chapa de acero según la realización anteriormente descrita.

(1) Según la realización, se proporciona una chapa de acero en la que los componentes químicos del acero incluyen, en % en masa: 0,5% a 0,8% de C; 0,15% a 0,60% de Si; 0,40% a 0,90% de Mn; 0,010% a 0,070% de Al; 0,001% a 0,010% de Ti; 0,30% a 0,70% de Cr; 0,0005% a 0,0030% de Ca; 0,0003% a 0,0050% de REM; 0,020% o menos de P; 0,0070% o menos de S; 0,0040% o menos de O; y 0,0075% o menos de N, y el resto se compone de Fe e impurezas inevitables. Las cantidades de los elementos respectivos de los componentes químicos, que están representadas en % en masa satisfacen las siguientes Expresión VI y Expresión VII. El acero contiene carbonitruros que incluyen Ti como inclusiones, y la densidad numérica de los carbonitruros que incluyen Ti que están presentes de forma independiente en el acero y tienen un lado largo de 5  $\mu\text{m}$  o más es de 3 piezas/ $\text{mm}^2$  o menos.

5 0,3 $\leq\{\text{Ca}/40,88\pm(\text{REM}/140)/2\}/(\text{S}/32,07)$  (Expresión VI)

0,0005 $\leq\text{Ca}\leq 0,005-0,0035\times\text{C}$  (Expresión VII)

(2) Además, los componentes químicos pueden incluir además al menos uno seleccionado de un grupo que consiste en, en % en masa, 0% a 0,05% de Cu, 0% a 0,05% de Nb, 0% a 0,05% de V, 0% a 0,05% de Mo, 0% a 0,05% de Ni, y 0% a 0,0050% de B.

15 (3) Además, el acero puede comprender además inclusiones de material compuesto que incluyen Al, Ca, O, S, y REM e inclusiones en las que los carbonitruros que incluyen Ti se adhieren a una superficie de las inclusiones de material compuesto.

(4) Además, las cantidades de los elementos respectivos en los componentes químicos, que están representadas en % en masa, pueden satisfacer la siguiente Expresión VIII.

20  $0\leq 18\times(\text{REM}/140)-\text{O}/16\leq 0,000643$  (Expresión VIII)

(5) Además, la estructura metalográfica puede tener principalmente ferrita + cementita esférica. Asimismo, una relación esferoidizante de cementita puede ser de 90% o más.

A continuación, se describirá un método de fabricación de la chapa de acero según la realización.

25 Al igual que en una chapa de acero general, en la chapa de acero según la realización, se usa, por ejemplo, metal caliente de alto horno como materia prima. El acero fundido que se fabrica mediante afino por convertidor o afino secundario se somete a una colada continua con el fin de obtener un desbaste plano. Después, el desbaste plano se somete a laminación en caliente, laminación en frío, recocido y similares con el fin de obtener una chapa de acero. En este momento, después de un tratamiento de descarbonización en el convertidor, se realiza un ajuste de componentes de acero mediante afino secundario en cuchara y un control de inclusión mediante la adición de Ca y REM. Asimismo, además del metal caliente de alto horno, el acero fundido obtenido al fundir chatarra de acero que es una materia prima en un horno eléctrico se puede usar como una materia prima.

30 Ca o REM se añade después de ajustar un componente de un elemento de adición tal como Ti que no sea Ca ni REM, y después de asegurar un tiempo para que flote  $\text{Al}_2\text{O}_3$  generado por la desoxidación de Al. Cuando una gran cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  permanece en el acero fundido, se usa Ca o REM para una reducción de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Por consiguiente, la relación de Ca o REM que se usa para fijación de S disminuye, y por lo tanto la generación de MnS puede no evitarse de manera suficiente.

35 Puesto que Ca tiene una alta presión de vapor, Ca se añade preferiblemente como una aleación de Ca—Si, una aleación de Fe—Ca—Si, una aleación de Ca—Ni y similares con el fin de mejorar el rendimiento. Para la adición de estas aleaciones, se pueden usar hilos de aleación de las aleaciones respectivas. REM se puede añadir en un tipo de aleación de Fe—Si—REM o un metal de Misch. El metal de Misch es un material mixto de elementos de tierras raras. Específicamente, el metal de Misch incluye aproximadamente 40% a 50% de Ce y aproximadamente 20% a 40% de La en muchos casos. Por ejemplo, está disponible un metal de Misch compuesto por 45% de Ce, 35% de La, 9% de Nd, 6% de Pr, e impurezas inevitables y similares.

45 Un orden de adición de Ca y REM no se limita particularmente. Sin embargo, cuando Ca se añade después de añadir REM, existe una tendencia a que el tamaño de las inclusiones llegue a ser ligeramente pequeño, y por lo tanto la adición se realiza preferiblemente en este orden.

50 Después de la desoxidación de Al, se genera  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y es parcialmente cúmulos. Sin embargo, cuando la adición de REM se realiza antes de la adición de Ca, una parte del cúmulo se reduce y descompone, pudiéndose reducir el tamaño del cúmulo. Por otra parte, cuando la adición de Ca se realiza antes de la adición de REM, existe la preocupación de que la composición of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se pueda cambiar a inclusión basada en CaO— $\text{Al}_2\text{O}_3$ , la cual tiene un bajo punto de ebullición, y el cúmulo de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se pueda convertir en una inclusión basada en CaO— $\text{Al}_2\text{O}_3$  gruesa. En consecuencia, es preferible poder añadir Ca después de la adición de REM.

El acero fundido después del afinado se moldea por colada de manera continua con el fin de obtener un desbaste plano. El desbaste plano se lamina en caliente después de calentar, y posteriormente se realiza el bobinado a una

temperatura de 450°C a 660°C. Después la chapa de acero laminada en caliente se somete a decapado, la retención de la chapa de acero laminada en caliente se realiza a la temperatura de transformación Ac1 o inferior o en una región de dos fases de 710°C a 750°C durante 96 horas o menos según la dureza de producto diana, mediante lo cual se esferoidiza la cementita (recocido esferoidizante de cementita). La temperatura de transformación Ac1 es una temperatura a la que se inicia la contracción de transformación en un ensayo de expansión térmica (a una velocidad de calentamiento de 5°C/s). El recocido se puede omitir. Además, la laminación en frío se realiza con una reducción de laminado de 55% o menos. Sin embargo, la reducción de laminado puede ser de 0%, es decir, la laminación en caliente se puede omitir. Después, se realiza el recocido anteriormente descrito, es decir, recocido a la temperatura de transformación Ac1 o inferior o en una región de dos fases de 710°C a 750°C durante 96 horas o menos. Después, se puede realizar el temperizado con una reducción de laminado de 4,0% o menos según sea necesario para mejorar las propiedades superficiales.

#### Ejemplo 1

Un efecto de un aspecto de la invención se describirá con más detalle en referencia e los ejemplos. Sin embargo, una condición en los ejemplos es sólo un ejemplo condicional adaptado para confirmar la reproducibilidad y un efecto de la invención, y ésta no se limita al ejemplo condicional. La invención puede adaptar diversas condiciones siempre y cuando el objeto de la invención se pueda lograr sin desviarse del alcance de la invención.

Se usó metal caliente de alto horno como materia prima. Después de un pretratamiento de metal en caliente y un tratamiento de descarburación en un convertidor, se realizó un ajuste de componente mediante afino en cuchara, por lo cual se fundieron 300 toneladas de acero fundido con los componentes mostrados en las Tablas 3 y 4. En el afino en cuchara, en primer lugar, se realizó la desoxidación añadiendo Al. Después, se ajustó el componente de otros elementos tal como Ti, y después se retuvo durante 5 minutos o más para hacer que Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> generado por desoxidación de Al flotara. Después, se añadió REM, y se realizó una retención durante 3 minutos con el fin de conseguir una mezcla uniforme de REM. Después, se añadió Cu. Como REM, se usó un metal de Misch. Los elementos de REM presentes en el metal de Misch incluían 50% de Ce, 25% de La, y 10% de Nd, siendo el resto impurezas inevitables. En consecuencia, los porcentajes obtenidos de los respectivos elementos de REM incluidos en una chapa de acero fueron sustancialmente iguales a los valores obtenidos al multiplicar la cantidad de REM mostrada en la Tabla 3 por los porcentajes anteriormente descritos de los respectivos elementos de REM. Puesto que Ca tiene una alta presión de vapor, se añadió una aleación de Ca—Si para mejorar el rendimiento.

El acero fundido después del afino se sometió a colada continua para obtener un desbaste plano con un espesor de 250 mm. Después, el desbaste plano se calentó a 1.200°C, y se retuvo durante una hora. Posteriormente, el desbaste plano se laminó en caliente hasta alcanzar un espesor de chapa de 4 mm, y luego se realizó el bobinado a una temperatura de 450°C a 660°C. La chapa de acero laminada en caliente se sometió a decapado. Después, en las condiciones mostradas en la Tabla 2, se realizaron recocido de chapa laminada en caliente, laminación en frío, y recocido de chapa laminada en frío, y se realizó temperizado con una reducción de laminado de 4,0% o menos según fuese necesario. La estructura metalográfica de la chapa laminada en caliente fue ferrita + perlita, o ferrita + vainita + perlita. Puesto que la cementita se esferoidizó mediante el recocido, la estructura metalográfica después del recocido de la chapa laminada en caliente (después del recocido de la chapa laminada en frío en el caso de omitir el recocido de la chapa laminada en caliente) fue ferrita + cementita esferoidizada.

Con respecto a la chapa de acero laminada en frío obtenida, se examinaron la composición de inclusiones y el comportamiento de deformación (una relación de eje mayor/eje menor después de la laminación; relación de aspecto). Una sección transversal en paralelo con una dirección de laminación y una dirección de espesor de chapa se estableció como un plano de observación, y se observaron 60 campos visuales usando un microscopio óptico a 400 aumentos (aunque, a 1.000 aumentos en el caso de medir con detalle la forma de las inclusiones). Las inclusiones que tienen un tamaño de partícula (en el caso de inclusiones esféricas) o un eje mayor (en el caso de inclusiones deformadas) de 1 µm o más se observaron en los respectivos campos de observación visual, y estas inclusiones se clasificaron en inclusiones de tipo A, inclusiones de tipo B, inclusiones de tipo C. Además, se midió la densidad numérica de estas inclusiones. Asimismo, también se midió la densidad numérica de una inclusión que fue carbonitruro que incluía Ti angular que se precipitó de forma independiente en el acero y que tenía un lado largo superior a 5 µm. Los carbonitruros que incluyen Ti se pueden diferenciar según la forma y color de los mismos. Además, se puede observar la estructura metalográfica de la chapa de acero laminada en frío usando un SEM (microscopio electrónico de barrido) que tiene una función de EPMA (microanálisis por sonda electrónica) y EDX (análisis de rayos X por energía dispersiva). En este caso, en las inclusiones se pueden identificar carbonitruro que incluye Ti, inclusión de material compuesto que incluye REM, MnS, inclusión basada en CaO—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y similares.

Como criterio de evaluación de las inclusiones, en un caso de la inclusión de tipo A, la inclusión de tipo B, y la inclusión de tipo C (se evaluó el número total de inclusiones de tipo B e inclusiones de tipo C), un caso en el que la densidad numérica excede 5 piezas/mm<sup>2</sup> se calificó como M (Malo), un caso de más de 3 piezas/mm<sup>2</sup> a 5 piezas/mm<sup>2</sup> se calificó como B (Bueno), y un caso de 1 pieza/mm<sup>2</sup> a 3 piezas/mm<sup>2</sup> se calificó como MB (Muy Bueno), y un caso de 1 pieza/mm<sup>2</sup> o menos se calificó como E (Excelente). En un caso de una inclusión gruesa que tiene una longitud máxima de 20 µm o más como de tipo B y de tipo C, un caso de más de 3 piezas/mm<sup>2</sup> se calificó como M (Malo), un caso de más de 1 pieza/mm<sup>2</sup> a 3 piezas/mm<sup>2</sup> se calificó como B (Bueno), un caso de 1 pieza/mm<sup>2</sup> o menos se calificó como MB (Muy Bueno). Además, en un caso de carbonitruros que incluyen Ti que estaban

presentes de forma independiente en el acero y tenían un lado largo de 5 µm o más, un caso en el que la densidad numérica es superior a 3 piezas/mm<sup>2</sup> se calificó como M (Malo), un caso de más de 2 piezas/mm<sup>2</sup> a 3 piezas/mm<sup>2</sup> se calificó como B (Bueno), y un caso de 2 piezas/mm<sup>2</sup> o menos se calificó como MB (Muy Bueno).

5 Además, con respecto a la chapa de acero laminada en frío obtenida, se realizaron un tratamiento de temple y un  
tratamiento de revenido para evaluar la tenacidad, las propiedades de fatiga, y la dureza. El temple se realiza  
calentando la chapa de acero laminada en frío a 900°C y reteniendo la chapa de acero laminada en frío durante 30  
minutos. Después, se realizó el tratamiento de revenido calentando la chapa de acero laminada en frío a 220°C,  
reteniendo la chapa de acero laminada en frío durante 60 minutos, y enfriando la chapa de acero laminada en frío en  
10 un horno. Se midió un valor de impacto a temperatura ambiente mediante el ensayo Charpy (por ejemplo, ISO 148-  
1: 2003) para evaluar la tenacidad. Se realizó un ensayo de tracción pulsante (por ejemplo, ISO 1099: 2006) para  
evaluar las propiedades de fatiga. En el ensayo de tracción pulsante, se creó una curva de S—N para obtener un  
límite de fatiga. Se realizó un ensayo de medición de dureza Vickers (por ejemplo, ISO 6507-1: 2005) a temperatura  
ambiente para evaluar la dureza (resistencia). A modo de criterio de evaluación de las respectivas propiedades, 6  
15 J/cm<sup>2</sup> o más de valor de impacto, 500 MPa o más de límite de fatiga, y 500 o más de dureza se calificaron como  
“aptos”.

Además, con respecto a los componentes químicos de la chapa de acero laminada en caliente obtenida, se realizó  
el análisis cuantitativo usando espectroscopia de emisión atómica por plasma inductivamente acoplado (ICP-AES,  
del inglés Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy), o espectroscopia de masas por plasma  
inductivamente acoplado (ICP-MS, del inglés Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry). Además, una  
20 cantidad extremadamente pequeña de elementos de REM en algunos casos puede ser menor que un límite de  
análisis. En este caso, el cálculo se puede realizar usando la relación del elemento con respecto a un valor  
analizado de Ce siendo la mayor cantidad proporcional a la cantidad de un metal de Misch (50% de Ce, 25% de La,  
y 10% de Nd). Además, el valor de la parte derecha de la siguiente Expresión 1, el valor de la parte derecha de la  
siguiente Expresión 2, y el valor de la parte izquierda de la siguiente Expresión 3, que se calculan a partir de las  
25 cantidades de los elementos respectivos en los componentes químicos que están representadas en % en masa, se  
muestran en la Tabla 4.

$$0,3 \leq \{Ca/40,88 + (REM/140)/2\} \{S/32,07\} \quad (\text{Expresión 1})$$

$$Ca \leq 0,005 - 0,0035 \times C \quad (\text{Expresión 2})$$

$$18 \times (REM/140) - O/16 \geq 0 \quad (\text{Expresión 3})$$

30 Las condiciones de producción y los resultados de producción se muestran en las Tablas 2 a 4. En las tablas, se  
subraya un valor numérico que se desvía del intervalo de la invención. Todos los ejemplos satisficieron el intervalo  
de la invención, y las chapas de acero de los ejemplos fueron excelentes en resistencia (dureza), tenacidad, y  
propiedades de fatiga. Por otra parte, puesto que los ejemplos comparativos no satisficieron las condiciones de la  
invención, la dureza (resistencia), la tenacidad, las propiedades de fatiga, y similares no fueron suficientes.

35 **TABLA 2-1**

	RECOCIDO DE CHAPA LAMINADA EN CALIENTE		LAMINACIÓN EN FRIO	RECOCIDO DE CHAPA LAMINADA EN FRIO		TEMPERIZADO
	TEMPERATURA DE RECOCIDO (C°)	TIEMPO DE RETENCIÓN (h)	REDUCCIÓN DE LAMINADO (%)	TEMPERATURA DE RECOCIDO (C°)	TIEMPO DE RETENCIÓN (h)	REDUCCIÓN DE LAMINADO (%)
1	730	48	50	720	48	—
2	750	48	55	750	48	—
3	710	48	50	710	48	—
4	720	48	40	710	36	—
5	720	48	50	710	48	2,0
6	730	36	25	710	48	—
7	730	36	25	710	48	—
8	720	48	40	710	36	4,0
9	730	36	25	710	48	4,0
10	750	48	55	710	48	—
11	740	48	55	720	48	1,0
12	750	48	30	710	24	2,5



ES 2 609 033 T3

EJEMPLOS COMPARATIVOS	13	720	48	50	710	48	—
	14	710	48	55	710	48	—
	15	750	48	50	710	48	—
	16	730	36	25	710	48	—
	17	750	48	50	750	48	3,0
	18	—	—	50	750	48	—
	19	720	48	50	710	48	—
	20	—	—	50	750	48	—
	21	720	48	50	710	48	—
	22	740	48	50	720	48	—
	23	750	48	55	710	48	3,5
	24	730	48	50	710	48	—
	25	710	24	0	710	48	2,5
	26	730	48	55	720	48	—
	27	710	48	50	710	48	0,5
	28	710	48	40	710	48	—
	29	710	48	30	710	48	—
	30	710	48	20	710	48	1,5
	31	710	48	25	710	48	—
	32	710	48	25	710	48	—
33	710	48	35	710	48	4,0	
34	710	48	35	710	48	—	
35	710	48	45	710	48	—	
36	710	48	45	710	48	3,0	
37	710	48	55	710	48	—	
38	710	48	55	710	48	—	
39	710	48	50	710	48	4,0	

**TABLA 2-2**

	RECOCIDO DE CHAPA LAMINADA EN CALIENTE		LAMINACIÓN EN FRIO	RECOCIDO DE CHAPA LAMINADA EN FRIO		TEMPERIZADO	
	TEMPERATURA DE RECOCIDO (C°)	TIEMPO DE RETENCIÓN (h)	REDUCCIÓN DE LAMINADO (%)	TEMPERATURA DE RECOCIDO (C°)	TIEMPO DE RETENCIÓN (h)	REDUCCIÓN DE LAMINADO (%)	
EJEMPLOS COMPARATIVOS	1	710	48	55	710	48	—
	2	710	48	55	710	48	—
	3	710	48	45	710	48	—
	4	710	48	40	710	48	—
	5	710	48	50	710	48	2,5
	6	710	48	55	710	48	—
	7	710	48	40	710	48	3,0
	8	710	48	45	710	48	—
	9	710	48	45	710	48	—
	10	710	48	50	710	48	—

ES 2 609 033 T3

11	710	48	55	710	48	4,0
12	710	48	50	710	48	—
13	710	48	45	710	48	—
14	720	48	40	710	36	4,0
15	730	48	60	710	48	2,5
16	750	48	30	710	24	—
17	710	48	50	710	48	—
18	730	48	50	710	48	—
19	710	24	0	710	48	3,5
20	710	48	50	710	48	—
21	710	48	55	710	48	—
22	710	48	55	710	48	—
23	710	48	50	710	48	—
24	710	48	50	710	48	2,0
25	710	48	40	710	48	—
26	710	48	45	710	48	—
27	710	48	35	710	48	2,5
28	710	48	30	710	48	—
29	710	48	50	710	48	1,0

TABLA 3-1

		COMPONENTES QUÍMICOS (% en masa)															
		Cu	Si	Mn	Al	Ti	Cr	Ca	REM	P	S	O	N	Cu	Nb	V	Mo
EJEMPLOS	1	0,50	0,43	0,41	0,039	0,006	0,63	0,0021	0,0031	0,008	0,0036	0,0021	0,0037				
	2	0,80	0,59	0,90	0,029	0,003	0,42	0,0017	0,0022	0,020	0,0048	0,0023	0,0029				
	3	0,78	0,15	0,52	0,027	0,005	0,43	0,0005	0,0040	0,013	0,0028	0,0019	0,0025		0,03	0,02	
	4	0,53	0,36	0,56	0,035	0,005	0,41	0,0029	0,0025	0,010	0,0009	0,0020	0,0025				
	5	0,76	0,39	0,41	0,031	0,003	0,37	0,0010	0,0003	0,012	0,0027	0,0025	0,0034		0,02		0,01
	6	0,69	0,44	0,59	0,040	0,003	0,66	0,0019	0,0003	0,010	0,0011	0,0011	0,0025				
	7	0,67	0,45	0,55	0,033	0,004	0,65	0,0016	0,0004	0,012	0,0005	0,0015	0,0027				
	8	0,51	0,38	0,65	0,040	0,003	0,50	0,0013	0,0049	0,010	0,0024	0,0020	0,0025				
	9	0,55	0,41	0,57	0,031	0,006	0,58	0,0014	0,0023	0,001	0,0003	0,0024	0,0031				
	10	0,78	0,19	0,55	0,053	0,008	0,30	0,0015	0,0019	0,010	0,0005	0,0018	0,0021				0,03
	11	0,70	0,31	0,63	0,032	0,005	0,48	0,0025	0,0018	0,011	0,0069	0,0032	0,0037		0,02	0,01	
	12	0,65	0,39	0,64	0,038	0,004	0,48	0,0021	0,0020	0,011	0,0022	0,0005	0,0034				
	13	0,77	0,45	0,44	0,017	0,007	0,40	0,0016	0,0033	0,007	0,0033	0,0040	0,0058		0,05		
	14	0,71	0,25	0,48	0,024	0,002	0,38	0,0010	0,0012	0,018	0,0031	0,0022	0,0038	0,03			
	15	0,75	0,26	0,52	0,027	0,005	0,51	0,0021	0,0027	0,009	0,0004	0,0014	0,0024				
	16	0,65	0,40	0,54	0,038	0,007	0,42	0,0020	0,0024	0,013	0,0003	0,0020	0,0030				
	17	0,67	0,51	0,78	0,031	0,010	0,69	0,0027	0,0036	0,012	0,0033	0,0025	0,0047				
	18	0,74	0,32	0,46	0,028	0,004	0,37	0,0021	0,0014	0,010	0,0024	0,0028	0,0025				
	19	0,77	0,41	0,44	0,017	0,007	0,40	0,0016	0,0010	0,007	0,0033	0,0034	0,0064		0,05		
	20	0,76	0,34	0,45	0,031	0,006	0,42	0,0021	0,0016	0,010	0,0035	0,0040	0,0025				

**TABLA 3-2**

		COMPONENTES QUÍMICOS (% en masa)															
		Cu	Si	Mn	Al	Ti	Cr	Ca	REM	P	S	O	N	Cu	Nb	V	Mo
EJEMPLOS	21	0,73	0,28	0,58	0,010	0,006	0,44	0,0014	0,0025	0,006	0,0045	0,0023	0,0025		0,05		
	22	0,72	0,27	0,60	0,070	0,002	0,69	0,0013	0,0032	0,015	0,0022	0,0024	0,0027				
	23	0,74	0,22	0,55	0,047	0,001	0,41	0,0018	0,0028	0,006	0,0015	0,0021	0,0022			0,02	
	24	0,58	0,42	0,75	0,030	0,010	0,51	0,0015	0,0029	0,010	0,0050	0,0020	0,0025				
	25	0,75	0,38	0,88	0,033	0,005	0,30	0,0022	0,0042	0,010	0,0024	0,0020	0,0025				
	26	0,73	0,34	0,56	0,033	0,003	0,70	0,0015	0,0024	0,005	0,0034	0,0020	0,0041				0,04
	27	0,73	0,23	0,61	0,012	0,006	0,34	0,0019	0,0038	0,010	0,0024	0,0020	0,0064				
	28	0,72	0,24	0,59	0,013	0,005	0,31	0,0021	0,0038	0,011	0,0023	0,0022	0,0075	0,002			
	29	0,72	0,24	0,60	0,015	0,005	0,32	0,0022	0,0040	0,011	0,0025	0,0023	0,0043	0,049			
	30	0,71	0,51	0,59	0,028	0,004	0,33	0,0020	0,0042	0,018	0,0020	0,0028	0,0035		0,001		
	31	0,71	0,26	0,59	0,023	0,003	0,30	0,0018	0,0035	0,005	0,0019	0,0022	0,0041		0,048		
	32	0,72	0,29	0,63	0,024	0,003	0,30	0,0019	0,0032	0,010	0,0018	0,0025	0,0028			0,002	
	33	0,72	0,28	0,76	0,027	0,003	0,45	0,0020	0,0030	0,009	0,0019	0,0023	0,0026			0,050	
	34	0,76	0,33	0,57	0,020	0,008	0,37	0,0022	0,0026	0,011	0,0021	0,0027	0,0039				0,001
	35	0,75	0,30	0,55	0,018	0,009	0,33	0,0020	0,0026	0,017	0,0022	0,0030	0,0041				0,049
	36	0,74	0,37	0,53	0,033	0,010	0,62	0,0021	0,0023	0,012	0,0020	0,0031	0,0051				
	37	0,74	0,35	0,51	0,027	0,010	0,35	0,0023	0,0021	0,020	0,0021	0,0032	0,0065				
	38	0,72	0,28	0,63	0,035	0,009	0,34	0,0025	0,0021	0,015	0,0023	0,0027	0,0072				
	39	0,72	0,28	0,87	0,033	0,010	0,54	0,0024	0,0022	0,009	0,0022	0,0029	0,0053				

**TABLA 3-3**

		COMPONENTES QUÍMICOS (% en masa)															
		Cu	Si	Mn	Al	Ti	Cr	Ca	REM	P	S	O	N	Cu	Nb	V	Mo
EJEMPLOS COMPARATIVOS	1	0,49	0,29	0,64	0,024	0,005	0,45	0,0021	0,0019	0,010	0,0021	0,0022	0,0043				
	2	0,61	0,28	0,66	0,025	0,005	0,42	0,0020	0,0018	0,011	0,0023	0,0019	0,0037				
	3	0,71	0,14	0,65	0,025	0,003	0,43	0,0018	0,0017	0,012	0,0024	0,0017	0,0052				
	4	0,73	0,61	0,65	0,026	0,004	0,42	0,0017	0,0020	0,010	0,0024	0,0017	0,0052				
	5	0,72	0,29	0,39	0,025	0,004	0,43	0,0019	0,0018	0,011	0,0024	0,0017	0,0052				
	6	0,71	0,28	0,91	0,024	0,005	0,43	0,0020	0,0018	0,010	0,0024	0,0017	0,0052				
	7	0,72	0,29	0,64	0,009	0,004	0,42	0,0021	0,0018	0,010	0,0024	0,0017	0,0052				
	8	0,70	0,30	0,65	0,071	0,005	0,43	0,0019	0,0016	0,009	0,0024	0,0017	0,0052				
	9	0,72	0,28	0,64	0,025	0,0009	0,40	0,0018	0,0019	0,010	0,0024	0,0017	0,0052				
	10	0,72	0,29	0,65	0,026	0,011	0,42	0,0019	0,0019	0,011	0,0024	0,0017	0,0052				
	11	0,71	0,30	0,66	0,025	0,005	0,29	0,0020	0,0018	0,012	0,0024	0,0017	0,0052				
	12	0,72	0,29	0,65	0,024	0,003	0,71	0,0019	0,0022	0,010	0,0024	0,0017	0,0052				
	13	0,73	0,29	0,65	0,025	0,004	0,43	0,0004	0,0043	0,011	0,0024	0,0017	0,0052				
	14	0,52	0,37	0,66	0,038	0,005	0,51	0,0031	0,0040	0,010	0,0023	0,0018	0,0056				
	15	0,71	0,31	0,59	0,027	0,007	0,41	0,0019	0,0000	0,012	0,0035	0,0023	0,0036		0,04	0,02	
	16	0,67	0,35	0,63	0,039	0,004	0,47	0,0018	0,0002	0,010	0,0024	0,0015	0,0052				
	17	0,72	0,30	0,65	0,025	0,004	0,45	0,0019	0,0055	0,011	0,0024	0,0017	0,0052				
	18	0,59	0,41	0,65	0,033	0,005	0,50	0,0017	0,0026	0,009	0,0057	0,0020	0,0025				
	19	0,74	0,39	0,61	0,038	0,006	0,53	0,0028	0,0036	0,010	0,0024	0,0020	0,0025				
	20	0,71	0,25	0,59	0,033	0,005	0,39	0,0020	0,0025	0,021	0,0024	0,0020	0,0025				
	21	0,70	0,25	0,58	0,031	0,005	0,37	0,0019	0,0051	0,010	0,0071	0,0020	0,0025				
	22	0,70	0,24	0,59	0,029	0,003	0,35	0,0018	0,0025	0,010	0,0024	0,0041	0,0025				
	23	0,71	0,25	0,57	0,034	0,004	0,39	0,0020	0,0025	0,010	0,0024	0,0035	0,0077				
	24	0,71	0,26	0,59	0,030	0,005	0,40	0,0020	0,0025	0,010	0,0024	0,0020	0,0025	0,051			
	25	0,69	0,25	0,60	0,029	0,006	0,38	0,0021	0,0024	0,010	0,0024	0,0020	0,0025		0,051		
	26	0,71	0,24	0,56	0,030	0,007	0,36	0,0021	0,0023	0,010	0,0024	0,0020	0,0025			0,051	
	27	0,70	0,25	0,60	0,035	0,005	0,37	0,0019	0,0026	0,010	0,0024	0,0000	0,0025				0,051
	28	0,71	0,25	0,57	0,037	0,004	0,35	0,0020	0,0024	0,010	0,0024	0,0020	0,0025				
	29	0,71	0,25	0,56	0,039	0,005	0,39	0,0020	0,0027	0,010	0,0024	0,0020	0,0025				

**TABLA 4-1**

	COMPONENTES QUIMICOS (% en masa)					INCLUSIONES				VALORES CARACTERISTICOS			OBSERVACIONES	
	Ni	B	LADO DER EXP 1	LADO DER EXP 2	LADO IZQ EXP 3	TIPO A	TIPO B + TIPO C	INCLUSIÓN GRUESA $\geq 20 \mu\text{M}$	DENSIDAD NUMERICA DE CARBONITRURO QUE INCLUYE Ti (PIEZAS/mm <sup>2</sup> )	DUREZA (Hv)	VALOR DE INPACTO (J/cm <sup>2</sup> )	LIMITE DE FATIGA (MPa)		
EJEMPLOS	1		0,56	0,0033	0,0033	MB	MB	MB	MB	505	7,5	600		
	2		0,33	0,0022	0,0001	MB	MB	MB	MB	575	7,0	500		
	3		0,30	0,0023	0,0004	B	E	MB	MB	560	6,7	500		
	4		2,85	0,0031	0,0002	E	MB	MB	MB	515	6,2	700		
	5		0,30	0,0023	-0,0001	B	MB	MB	B	550	6,3	550		
	6		1,39	0,0026	0,0000	MB	MB	MB	B	540	6,1	450		
	7		2,50	0,0027	0,0000	E	MB	MB	B	535	6,8	450		
	8		0,66	0,0032	0,0005	MB	E	MB	MB	515	8,8	700		
	9		4,54	0,0031	0,0001	E	E	MB	MB	510	6,1	750		
	10		2,79	0,0023	0,0001	E	MB	MB	MB	545	8,3	650		
	11		0,31	0,0026	0,0000	B	B	MB	MB	530	6,4	500		
	12		0,85	0,0027	0,0002	MB	MB	MB	MB	525	7,5	600		
	13		0,49	0,0023	0,0002	MB	MB	MB	MB	535	6,3	550		
	14	0,030		0,30	0,0025	0,0000	B	E	MB	MB	530	6,8	500	
	15			4,89	0,0024	0,0003	E	MB	MB	MB	540	7,8	650	
	16			6,15	0,0027	0,0002	MB	B	B	MB	520	6,7	750	
	17		0,0011	0,77	0,0027	0,0003	MB	B	MB	MB	525	8,0	650	
	18			0,75	0,0024	0,0000	MB	MB	MB	MB	535	8,1	650	
	19			0,42	0,0023	-0,0001	B	MB	MB	MB	540	6,3	550	
	20			0,52	0,0023	0,0000	B	MB	MB	MB	535	6,1	500	

**TABLA 4-2**

	COMPONENTES QUIMICOS (% en masa)					INCLUSIONES				VALORES CARACTERISTICOS			OBSERVACIONES	
	Ni	B	LADO DER EXP 1	LADO DER EXP 2	LADO IZQ EXP 3	TIPO A	TIPO B + TIPO C	INCLUSIÓN GRUESA $\geq 20 \mu\text{M}$	DENSIDAD NUMERICA DE CARBONITRURO QUE INCLUYE Ti (PIEZAS/mm <sup>2</sup> )	DUREZA (Hv)	VALOR DE INPACTO (J/cm <sup>2</sup> )	LIMITE DE FATIGA (MPa)		
EJEMPLOS	21		0,31	0,0024	0,0002	B	MB	MB	MB	535	7,3	500		
	22		0,83	0,0025	0,0003	MB	MB	MB	MB	530	7,3	550		
	23		1,16	0,0024	0,0002	MB	MB	MB	MB	525	7,9	600		
	24		0,30	0,0030	0,0002	B	MB	MB	MB	515	6,0	500		
	25		0,92	0,0024	0,0004	MB	MB	MB	MB	535	8,8	700		
	26		0,43	0,0024	0,0002	MB	MB	MB	MB	540	6,9	550		
	27		0,80	0,0024	0,0004	MB	MB	MB	MB	525	8,2	600		
	28		0,91	0,0025	0,0004	MB	MB	MB	MB	520	8,0	650		
	29		0,87	0,0025	0,0004	MB	MB	MB	MB	535	8,6	650		
	30		1,03	0,0025	0,0004	MB	MB	MB	MB	540	7,7	600		
	31		0,95	0,0025	0,0003	MB	MB	MB	MB	530	7,3	650		
	32		1,03	0,0025	0,0003	MB	MB	MB	MB	510	7,1	600		
	33		1,01	0,0025	0,0002	MB	MB	MB	MB	625	6,8	600		
	34		0,96	0,0023	0,0002	MB	B	MB	MB	530	7,5	550		
	35		0,85	0,0024	0,0001	MB	MB	MB	MB	525	8,0	650		
	36	0,002		0,96	0,0024	0,0001	MB	MB	MB	MB	520	9,1	700	
	37	0,050		0,97	0,0024	0,0001	MB	B	MB	MB	540	8,6	650	
	38		0,0001	0,96	0,0025	0,0001	MB	B	MB	MB	530	7,7	700	
	39		0,0008	0,97	0,0025	0,0001	MB	B	MB	MB	520	8,3	700	

**TABLA 4-3**

	COMPONENTES QUIMICOS (% en masa)					INCLUSIONES				VALORES CARACTERISTICOS			OBSERVACIONES
	Ni	B	LADO DER EXP 1	LADO DER EXP 2	LADO IZQ EXP 3	TIPO A	TIPO B + TIPO C	INCLUSIÓN GRUESA $\geq 20 \mu\text{M}$	DENSIDAD NUMÉRICA DE CARBONITRURO QUE INCLUYE Ti (PIEZAS/ $\text{mm}^2$ )	DUREZA (Hv)	VALOR DE INPACTO ( $\text{J}/\text{cm}^2$ )	LIMITE DE FATIGA (MPa)	
EJEMPLOS COMPARATIVOS	1		0,89	0,0033	0,0001	MB	MB	MB	MB	490	6,9	550	
	2		0,77	0,0022	0,0001	MB	MB	MB	MB	575	5,7	450	
	3		0,67	0,0025	0,0001	MB	MB	MB	MB	485	6,3	550	
	4		0,65	0,0024	0,0002	MB	MB	MB	MB	555	6,2	500	DEFECTOS DE ESCAMAS DURANTE LA TERMOLAMINACIÓN
	5		0,71	0,0025	0,0001	MB	MB	MB	MB	490	6,5	550	
	6		0,74	0,0025	0,0001	MB	MB	MB	MB	565	5,5	450	
	7		0,77	0,0025	0,0001	B	MB	MB	MB	515	5,3	400	
	8		0,70	0,0026	0,0001	MB	MB	B	MB	520	5,6	400	
	9		0,68	0,0025	0,0001	MB	MB	MB	MB	498	6,5	550	
	10		0,71	0,0025	0,0001	MB	MB	MB	B	575	5,3	450	
	11		0,74	0,0025	0,0001	MB	MB	MB	MB	475	6,9	600	
	12		0,73	0,0025	0,0002	MB	MB	MB	MB	565	6,6	550	COSTE ADICIONAL SUPERIOR AL PERMITIDO
	13		0,34	0,0024	0,0004	MB	E	B	MB	515	3,3	300	SE GENERÓ OBSTRUCCION DE LA BOQUILLA
	14		1,26	0,0032	0,0004	M	B	M	MB	520	5,4	450	
	15		0,43	0,0025	-0,0001	B	MB	MB	B	515	4,4	400	
	16		0,80	0,0027	-0,0001	B	MB	MB	B	520	4,8	400	
	17		0,88	0,0025	0,0000	MB	MB	M	MB	525	4,9	450	SE GENERÓ OBSTRUCCION DE LA BOQUILLA
	18		0,29	0,0029	0,0002	M	MB	MB	MB	510	3,8	300	
	19		1,09	0,0024	0,0003	MB	B	MB	MB	530	4,9	400	
	20		0,77	0,0025	0,0002	MB	MB	MB	MB	535	5,1	400	
	21		0,29	0,0026	0,0005	B	MB	MB	MB	520	5,3	400	
	22		0,71	0,0026	0,0001	MB	MB	MB	MB	515	5,4	400	
	23		0,77	0,0025	0,0001	MB	MB	MB	MB	525	5,2	400	
	24		0,77	0,0025	0,0002	MB	MB	MB	MB	560	3,7	300	DEFECTOS DE CRAQUEO DURANTE LA TERMOLAMINACIÓN
	25		0,80	0,0026	0,0002	MB	MB	MB	MB	560	4,1	350	
	26		0,80	0,0025	0,0002	MB	MB	MB	MB	555	4,2	350	
	27		0,75	0,0026	0,0002	MB	MB	MB	MB	545	6,7	500	COSTE ADICIONAL SUPERIOR AL PERMITIDO
	28	0,0051		0,77	0,0025	0,0002	MB	MB	MB	540	6,7	550	COSTE ADICIONAL SUPERIOR AL PERMITIDO
	29		0,0051	0,78	0,0025	0,0002	MB	MB	MB	530	4,4	400	

**Aplicabilidad industrial**

- 5 Según los aspectos anteriormente descritos de la invención, se puede proporcionar una chapa de acero, que tiene excelente resistencia (dureza), resistencia al desgaste, y trabajabilidad de punzonado en frío, y que tiene excelente tenacidad y propiedades de fatiga debido a una reducción de inclusiones de tipo A, inclusiones de tipo B, e inclusiones de tipo C en el acero evitando que se generen carbonitruros gruesos que incluyen Ti. En consecuencia, la aplicabilidad industrial es alta.

**REIVINDICACIONES**

1. Una chapa de acero en la que los componentes químicos del acero consisten en, en % en masa:

0,5% a 0,8% de C;

0,15% a 0,60% de Si;

5 0,40% a 0,90% de Mn;

0,010% a 0,070% de Al;

0,001% a 0,010% de Ti;

0,30% a 0,70% de Cr;

0,0005% a 0,0030% de Ca;

10 0,0003% a 0,0050% de REM;

0% a 0,020% de P;

0% a 0,0070% de S;

0% a 0,0040% de O; y

0% a 0,0075% de N,

15 opcionalmente, uno o dos o más seleccionados del grupo que consiste en

0% a 0,05% de Cu;

0% a 0,05% de Nb;

0% a 0,05% de V;

0% a 0,05% de Mo;

20 0% a 0,05% de Ni, y

0% a 0,0050% de B; y

el resto se compone de Fe e impurezas inevitables,

en donde las cantidades de los elementos respectivos en los componentes químicos, que están representadas en % en masa, satisfacen las siguientes Expresión 1 y Expresión 2, y

25 el acero contiene un carbonitruro que incluye Ti como una inclusión, y la densidad numérica del carbonitruro que incluye Ti que tiene un lado largo de 5  $\mu\text{m}$  o más es de 3 piezas/ $\text{mm}^2$  o menos.

$$0,3 \leq \{Ca/40,88 + (REM/140)/2\} \{S/32,07\} \quad (\text{Expresión 1})$$

$$Ca \leq 0,005 - 0,0035 \times C \quad (\text{Expresión 2})$$

2. La chapa según la reivindicación 1,

30 en donde el acero contiene además una inclusión de material compuesto que incluye Al, Ca, O, S, y REM, y una inclusión en la que el carbonitruro que incluye Ti se adhiere a una superficie de la inclusión de material compuesto.

3. La chapa de acero según la reivindicación 2,

en donde las cantidades de los elementos respectivos en los componentes químicos, que están representadas en % en masa, satisfacen la siguiente Expresión 3.

35  $18 \times (REM/140) - O/16 \geq 0 \quad (\text{Expresión 3}).$

4. La chapa de acero según la reivindicación 1,

en donde las cantidades de los elementos respectivos en los componentes químicos, que están representadas en % en masa, satisfacen la siguiente Expresión 4.

$$18 \times (REM/140) - O/16 \geq 0 \quad (\text{Expresión 4}).$$

FIG. 1

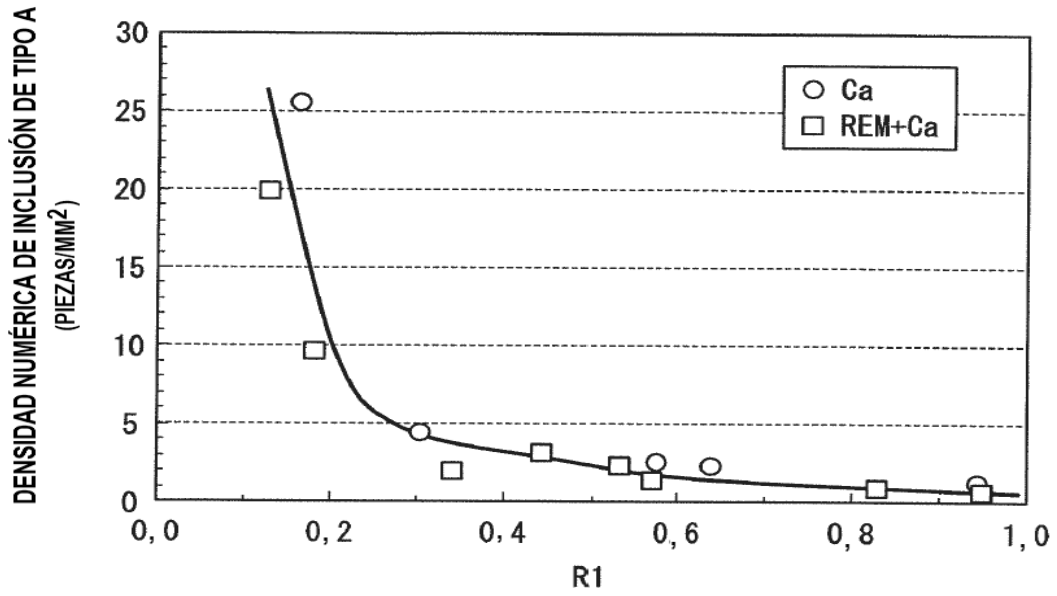


FIG. 2

