

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 888**

51 Int. Cl.:

C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/22	(2006.01)	C21D 9/46	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/26	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/28	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)	C22C 38/32	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)		
C22C 38/08	(2006.01)	C22C 38/48	(2006.01)		
C22C 38/12	(2006.01)	C22C 38/50	(2006.01)		
C22C 38/14	(2006.01)	C23C 2/02	(2006.01)		
C22C 38/16	(2006.01)	C23C 2/06	(2006.01)		
C22C 38/18	(2006.01)	C23C 2/28	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.02.2013 PCT/JP2013/052836**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.08.2013 WO13121963**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2013 E 13749448 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2816132**

54 Título: **Lámina de acero, lámina de acero chapada, método para producir lámina de acero y método para producir lámina de acero chapada**

30 Prioridad:

17.02.2012 JP 2012032591

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

04.04.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TANAKA, HIROYUKI;
HAYASHI, KUNIO;
OGAWA, TOSHIO;
GOTO, KOICHI y
NAKANO, KAZUAKI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 607 888 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Lámina de acero, lámina de acero chapada, método para producir lámina de acero y método para producir lámina de acero chapada

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a una lámina de acero de alta resistencia y una lámina de acero chapada que tienen excelentes propiedades de fatiga, ductilidad, capacidad de expansión de agujero, y además, excelentes propiedades de colisión, que es adecuada para una lámina de acero para un vehículo, particularmente adecuada para una pieza de suspensión, y un procedimiento para producir la misma.

10 Se reivindica prioridad en la Solicitud de Patente Japonesa nº 2012-032591, presentada el 17 de febrero de 2012, cuyo contenido se incorpora aquí por referencia.

Técnica relacionada

15 En los últimos años, para que los fabricantes de automóviles hagan frente a la restricción de las regulaciones de emisiones de CO₂ en Europa en 2012, la regulación de la economía de combustible en Japón en 2015, y regulaciones de colisión más estrictas en Europa, el alto refuerzo de acero que ha de utilizarse ha progresado rápidamente para mejorar la economía de combustible a través de una disminución en el peso de una carrocería del vehículo y para mejorar la seguridad de colisión. Tal lámina de acero de alta resistencia se denomina "lámina de acero de alta resistencia", y los pedidos de láminas de acero que tienen principalmente una resistencia a la tracción de 440 MPa a 590 MPa, y recientemente más que 590 MPa, tiende a aumentar cada año.

20 Entre la lámina de acero de alta resistencia, se requieren excelentes propiedades de fatiga para una pieza de suspensión tal como un bastidor de chasis desde el punto de vista de la parte de aplicación de la misma, y además, ductilidad, y capacidad de expansión de agujeros desde el punto de vista de la forma de las piezas. Por otro lado, una lámina de acero laminada en caliente que es gruesa y tiene un grosor de 2,0 mm o más se utiliza principalmente para la pieza de suspensión, y la calidad se garantiza mediante la selección de un material grueso para asegurar la rigidez. De ese modo, el adelgazamiento de una pieza de suspensión se está retrasando en comparación con las piezas de la carrocería del vehículo o similares. En consecuencia, cuando se promueve la reducción en el espesor de la pieza de suspensión, se reduce una zona de adelgazamiento de la corrosión, y de ese modo, se espera que se fabrique una aplicación a una lámina de acero galvanizada por inmersión en caliente que tenga alta resistencia a la corrosión a partir de la lámina de acero laminada en caliente actual.

30 En general, se considera que cuando una relación de resistencia a la fatiga ratio obtenida dividiendo la resistencia a la fatiga por resistencia a la tracción es 0,45 o más, las propiedades de fatiga son excelentes. Además, se considera que cuando el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total es 17000 MPa·% o más, la ductilidad es excelente, y cuando la relación de expansión de agujero es 80% o más a una resistencia a la tracción de clase 590 MPa, la capacidad de expansión de agujero es excelente. Se considera que cuando un límite de alargamiento obtenido dividiendo el límite elástico por la resistencia a la tracción es 0,80 o más, la resistencia a la colisión es excelente.

40 Generalmente, cuando la resistencia a la tracción aumenta, el límite elástico también aumenta. De ese modo, la ductilidad disminuye, y además, la elasticidad del estiramiento se deteriora. En la técnica relacionada, en un caso de acero de doble fase (LW) que incluye una doble fase de ferrita y martensita, la ductilidad es excelente, pero se producen o se propagan fácilmente micro-grietas causadas por concentración de deformación local en la vecindad de un límite entre ferrita que es una fase blanda y la martensita que es una fase dura, y de ese modo, se considera que la fase dual es una microestructura desventajosa en capacidad de expansión de agujero. En consecuencia, se considera que cuanto menor es la diferencia de dureza entre las microestructuras, más ventajosa es en la mejora de capacidad de expansión de agujero, y de ese modo, una lámina de acero que tiene una estructura uniforme tal como una ferrita o bainita de una sola fase se considera superior. Por otro lado, debido a que la ductilidad disminuye, ha sido difícil alcanzar la ductilidad y capacidad de expansión de agujero en la técnica relacionada.

45 Además, en general, cuando la resistencia a la tracción aumenta, la resistencia a la fatiga también tiende a aumentar. Sin embargo, cuando se utiliza un material que tiene una resistencia superior, una relación de resistencia a la fatiga disminuye. Además, la resistencia a la relación de fatiga se obtiene dividiendo la resistencia a la fatiga de una lámina de acero por la resistencia a la tracción. En general, cuanto más dura es la superficie más exterior de una lámina de acero, se mejora más la resistencia a la fatiga de acero. De ese modo, el endurecimiento de la superficie más externa de la lámina de acero es importante para obtener excelentes propiedades de fatiga.

50 Como una lámina de acero en la que se logran ambas capacidad de expansión de agujero y ductilidad, por ejemplo, en el Documento de patente 1, también se ha propuesto una lámina de acero a la que se añade positivamente Al y, ase añaden positivamente elementos formadores de carbonitruros tal como Nb, Ti, y V. Sin embargo, es necesario añadir 0,4% o más de Al en una gran cantidad a la lámina de acero, y de ese modo, la lámina de acero propuesta en el Documento de patente 1 tiene un problema de un mayor coste de aleación y deterioro en la soldabilidad. Además,

no hay una descripción sobre las propiedades de fatiga o tampoco se divulga un límite de alargamiento como un índice de resistencia a la colisión.

5 En los documentos patente 2 y 3, se han propuesto láminas de acero de alta resistencia que tienen excelente capacidad de expansión de agujero a las que Nb y Ti se añaden positivamente. Sin embargo, debido a que Si se añade positivamente a las láminas de acero de alta resistencia propuestas en los documentos patente 2 y 3, las láminas de acero tiene un problema de deterioro en la humectabilidad del chapado. Además, no hay una descripción sobre las propiedades de fatiga o tampoco se da a conocer un límite de alargamiento como un índice de resistencia a la colisión.

10 En el Documento de patente 4, se ha propuesto una lámina de acero que tiene ambas propiedades de fatiga y capacidad de expansión de agujero a la que se añaden positivamente Nb y Ti. Sin embargo, debido a que el acero IF se utiliza como base, la lámina de acero propuesta en el Documento de patente 4 tiene un problema de que es difícil de lograr alto fortalecimiento en que la resistencia a la tracción es 590 MPa o más. Además, no se divulga un límite de alargamiento como índice de resistencia a la colisión.

15 En el Documento de patente 5, se ha propuesto una lámina de acero de alta resistencia en la que se consiguen tanto las propiedades de fatiga como la capacidad de expansión de agujero mediante el control de una inclusión en el acero. Sin embargo, debido a que es necesario añadir un metal raro tal como La o Ce a la lámina de acero propuesta en el Documento de patente 5, Un coste más alto de la aleación es requerido y no se divulga un límite del alargamiento como índice de resistencia a la colisión.

20 En el Documento de patente 6, se ha propuesto una lámina de acero que tiene excelente capacidad de expansión de agujero a la que se añaden positivamente elementos formadores de carbonitruros tal como Nb, Ti, Mo, y V. Sin embargo, la dureza Vickers de ferrita en la lámina de acero propuesta en el Documento de patente 6 tiene que ser de $0,3 \times TS + 10$ o más. Debido a que se supone que la resistencia a la tracción objetivo en la presente invención es de 590 MPa o superior, la dureza Vickers de ferrita tiene que ser de al menos 187 Hv o más y debe añadirse una gran cantidad de elementos de aleación (en particular, elementos formadores de carbonitruros tales como C, Nb, y Ti y elementos de estabilización de ferrita tales como Si) para endurecer la ferrita, y de ese modo, se requiere un coste de aleación más alto y no se divulga un límite de alargamiento como índice de resistencia a la colisión.

25 El Documento de patente 7 divulga un procedimiento para fabricar una lámina de acero que comprende calentar, laminar arriba de la temperatura Ar3, re-calentar, retener, decapar y enfriar.

Documentos de la técnica anterior

30 Documento de patente

[Documento de patente 1] Solicitud de Patente Japonesa sin Examinar, Primera Publicación nº 2004-204326

[Documento de patente 2] Solicitud de Patente Japonesa sin Examinar, Primera Publicación nº 2004-225109

[Documento de patente 3] Solicitud de Patente Japonesa sin Examinar, Primera Publicación nº 2006-152341

[Documento de patente 4] Solicitud de Patente Japonesa sin Examinar, Primera Publicación nº H7-090483

35 [Documento de patente 5] Solicitud de Patente Japonesa sin Examinar, Primera Publicación nº 2009-299136

[Documento de patente 6] Solicitud de Patente Japonesa sin Examinar, Primera Publicación nº 2006-161111

[Documento de patente 7] EP 2 130 938 A1

Descripción de la invención

Problemas a ser resueltos por la invención

40 La presente invención consiste en proporcionar establemente una lámina de acero de alta resistencia y una lámina de acero chapada que tiene propiedades excelentes de fatiga, ductilidad, capacidad de expansión de agujero, y además, excelentes propiedades de colisión, sin deterioro en productividad.

Medios para solucionar el problema

45 La presente invención es un hallazgo obtenido a partir de una investigación que se ha llevado a cabo para resolver los problemas antes mencionados de mejorar las propiedades de fatiga y la mejora en la capacidad de ductilidad de una lámina de acero de alta resistencia y una lámina de acero chapada cuya resistencia a la tracción es 590 MPa o más. Es decir, se consigue una microestructura apropiada optimizando la cantidad de elementos de aleación, particularmente, optimizando la cantidad de Nb y Ti añadida y añadiendo positivamente Al. Además, en un proceso de recocido, la forma de cementita en ferrita es controlada con precisión enfriando el acero hasta una temperatura apropiada, y manteniendo el acero enfriado después de calentar hasta la temperatura de calentamiento máxima.

50

Luego, la superficie se endurece mediante un adecuado laminado de ajuste en el acero después del recocido. La presente invención se basa en los hallazgos en los que una lámina de acero que tiene excelentes propiedades de fatiga, ductilidad, y capacidad de expansión de agujero, y además, excelentes propiedades de colisión, en comparación con las láminas de acero de la técnica relacionada, se puede producir en la forma anterior, y el resumen de la misma se describe de la siguiente manera. No hay límite superior en la resistencia a la tracción de una lámina de acero como objetivo de la tecnología actual; sin embargo, es difícil que la resistencia a la tracción sea más de 980 MPa en realidad.

(1) De acuerdo a un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una lámina de acero que consiste en, en % en masa: C: 0,020% o más y 0,080% o menos; Si: 0,01% o más y 0,10% o menos; Mn: 0,80% o más y 1,80% o menos; Al: más que 0,10% y menos que 0,40%; P: limitado a 0,0100% o menos; S: limitado a 0,0150% o menos; N: limitado a 0,0100% o menos; Nb: 0,005% o más y 0,095% o menos; Ti: 0,005% o más y 0,095% o menos; y opcionalmente uno o más de, en % en masa: Mo: 0,005% o más y 1,000% o menos; W: 0,005% o más y 1,000% o menos; V: 0,005% o más y 1,000% o menos; B: 0,0005% o más y 0,0100% o menos; Ni: 0,05% o más y 1,509 o menos; Cu: 0,05% o más y 1,50% o menos; y Cr: 0,05% o más y 1,50% o menos; y un resto que consiste en Fe e impurezas inevitables, en las que una cantidad total de Nb y Ti es 0,030% o más y 0,100% o menos, una estructura metalográfica de la lámina de acero consiste en ferrita, bainita, y otras fases, las otras fases consisten en una perlita, una austenita residual, y una martensita, una fracción de área de la ferrita es 80% o más y 95% o menos, una fracción de área de la bainita es 5% o más y 20% o menos, una fracción total de las otras fases es menor que 3%, un diámetro de círculo equivalente de una cementita en la ferrita es 0,003 μm o más y 0,300 μm o menos, una densidad en número de la cementita en la ferrita es 0,02 partículas/ μm^2 o más y 0,10 partículas/ μm^2 o menos, una resistencia a la tracción es 590 MPa o más, y una relación de resistencia a la fatiga como resistencia a la fatiga y la resistencia a la tracción es 0,45 o más.

(2) De acuerdo a un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona una lámina de acero chapada en la que se proporciona chapado sobre una superficie de la lámina de acero de acuerdo al punto (1).

(3) De acuerdo a un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para producir una lámina de acero de acuerdo a (1) que incluye: calentar una losa que tiene una composición química de acuerdo a (1) o (2) hasta 1150°C o superior antes de que una losa es laminada en caliente; terminar el laminado de acabado a una temperatura de Ar₃°C o superior; decapar una lámina de acero laminada en caliente que es enrollada dentro de un intervalo de temperatura de 400°C o superior y 600°C o inferior; calentar la lámina de acero laminada en caliente dentro de un intervalo de temperatura de 600°C o superior y Ac₁ °C o inferior; recocer la lámina de acero laminada en caliente durante un tiempo de retención, en el que la temperatura de la lámina de acero laminada en caliente está dentro del intervalo de temperatura durante 10 segundos o más y 200 segundos o menos; enfriar la lámina de acero hasta 350°C o más y 550°C o menos; y enfriar la lámina de acero después de retener la lámina de acero durante un tiempo de retención, en el que la temperatura de la lámina de acero laminada en caliente está dentro de un intervalo de temperatura de 350°C o superior y 550°C o inferior durante 10 segundos o más y 500 segundos o menos, en el que la Ar₃°C y la Ac₁°C son una temperatura de transformación Ar₃ y una temperatura de transformación Ac₁, respectivamente, obtenidas de las expresiones 1 y 2,

$$Ar_3 = 910 - 325 \times [C] + 33 \times [Si] + 287 \times [P] + 40 \times [Al] - 92([Mn] + [Mo]) + [Cu] - 46 \times ([Cr] + [Ni]) \dots \text{(Expresión 1),}$$

$$Ac_1 = 761,3 + 212[C] - 45,8[Mn] + 16,7[Si] \dots \text{(Expresión 2), y}$$

los elementos indicados entre paréntesis representan una cantidad de los elementos en % en masa.

(4) El procedimiento para producir una lámina de acero de acuerdo a (3) además puede incluir llevar a cabo la laminación de ajuste sobre la lámina de acero a una relación de alargamiento de 0,4% o más y 2,0% o menos.

(5) De acuerdo a un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para producir una lámina de acero chapada que incluye chapar y después enfriar la lámina de acero después del recocido, el enfriamiento, y la retención de acuerdo a (3) o (4)

(6) El procedimiento para producir una lámina de acero chapada de acuerdo a (5) además puede incluir llevar a cabo un tratamiento térmico dentro de un intervalo de temperatura de 450°C o superior y 600°C o inferior durante 10 segundos o más y después enfriar la lámina de acero después del chapado.

Efectos de la invención

De acuerdo a la presente invención, es posible proporcionar una lámina de acero de alta resistencia y una lámina de acero chapada, que tienen una resistencia a la tracción de 590 MPa o más, una relación de alto rendimiento, y excelentes propiedades de fatiga y equilibrio de capacidad de expansión de agujero-ductilidad, y además, excelentes propiedades de colisión, y que aportan una contribución sumamente significativa a la industria. Además, la presente invención hace posible reducir el espesor de lámina de una pieza de suspensión de un vehículo y presenta así un efecto extremadamente notable que contribuye significativamente a una disminución en el peso de una carrocería de vehículo.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un gráfico que muestra una relación entre un diámetro de círculo equivalente promedio de carbonitruros y un producto de resistencia a la tracción y alargamiento total.

5 La FIG. 2 es un gráfico que muestra una relación entre un diámetro de círculo equivalente promedio de carbonitruros y una relación de expansión de agujero λ .

La FIG. 3 es un gráfico que muestra una relación entre un diámetro de círculo equivalente promedio de carbonitruros y un límite de alargamiento.

La FIG. 4 es un gráfico que muestra una relación entre un diámetro de círculo equivalente promedio de carbonitruros y una relación de resistencia a la fatiga.

10 La FIG. 5 es un gráfico que muestra una relación entre una temperatura de retención después del recocido y un diámetro de círculo equivalente de cementita en ferrita.

La FIG. 6 es un gráfico que muestra una relación entre una temperatura de retención después del recocido y una densidad en número de cementita en ferrita.

15 La FIG. 7 es un gráfico que muestra una relación entre un diámetro de círculo equivalente de cementita en ferrita y una relación de expansión de agujero λ .

La FIG. 8 es un gráfico que muestra una relación entre una densidad en número de cementita en ferrita y una relación de expansión de agujero λ .

Realizaciones de la invención

A partir de aquí, la presente invención se describirá en detalle.

20 Primero, se describirán los motivos por los que las composiciones de acero están limitadas en la presente invención.

C es un elemento que contribuye a un aumento de resistencia a la tracción y límite elástico, y la cantidad agregada se controla adecuadamente de acuerdo a un nivel de resistencia objetivo. Además, C es también efectivo en la obtención de bainita. Cuando la cantidad de C es menor que 0,020%, es difícil obtener una resistencia a la tracción y límite elástico objetivo, y de ese modo, el límite inferior se fija en 0,020%. Por otro lado, cuando la cantidad de C es más que 0,080%, se provoca el deterioro en la ductilidad, capacidad de expansión de agujero, y soldabilidad. De ese modo, el límite superior se fija en 0,080%. Además, a fin de asegurar en forma estable la resistencia a la tracción y límite elástico, el límite inferior de C puede ser preferentemente 0,030% o 0,040%, y el límite superior de C puede ser preferentemente 0,070% o 0,060%.

30 Si es un elemento desoxidante y el límite inferior de la cantidad de Si no está determinado. Sin embargo, cuando la cantidad de Si es menor que 0,01%, el costo de producción aumenta, y de ese modo, el límite inferior se fija preferentemente en 0,01%. Si es un agente estabilizador de ferrita. Además, Si puede provocar un problema de una reducción en la humectabilidad del chapado cuando se lleva a cabo el galvanizado por inmersión en caliente y una reducción en la productividad debido a la demora de la reacción de aleación. Por lo tanto, el límite superior de la cantidad de Si se fija en 0,10%. Además, a fin de reducir el problema de una reducción en la humectabilidad de chapado y una reducción en la productividad, el límite inferior de Si puede fijarse en 0,020%, 0,030%, o 0,040%, y el límite superior de Si puede fijarse en 0,090%, 0,080%, o 0,070%.

40 Mn tiene una acción de aumentar la resistencia como un elemento que contribuye al fortalecimiento de la solución sólida, y es por lo tanto eficaz en la obtención de bainita. Por lo tanto, es necesario contener 0,80% o más de Mn. Por otro lado, cuando la cantidad de Mn es más que 1,80%, se produce deterioro en la capacidad de expansión de agujero y soldabilidad, y de ese modo, el límite superior del mismo se fija en 1,80%. Además, a fin de obtener en forma estable bainita, el límite inferior de Mn puede fijarse en 0,90%, 1,00%, o 1,10%, y el límite superior de Mn puede fijarse en 1,70%, 1,60%, o 1,50%.

45 P es una impureza, y se segrega en los límites de grano y provoca una disminución en la tenacidad de la lámina de acero y deterioro en la soldabilidad. Además, la reacción de aleación se hace extremadamente lenta durante la galvanización por inmersión en caliente, y la productividad se degrada. Desde los puntos de vista, el límite superior de la cantidad de P se fija en 0,0100%. El límite inferior del mismo no está particularmente limitado. Sin embargo, debido a que P es un elemento que aumenta la resistencia a un precio bajo, la cantidad de P preferentemente se fija en 0,0050% o más. A fin de mejorar además la tenacidad y la soldabilidad, el límite superior de P may be limitado a 0,0090% o 0,0080%.

50 S es una impureza y cuando la cantidad del mismo es más que 0,0150%, se induce la fisuración en caliente o se deteriora la capacidad de trabajo. De ese modo, el límite superior de la cantidad de S se fija en 0,0150%. El límite inferior del mismo no está particularmente limitado, pero la cantidad de S se fija preferentemente en 0,0010% o más desde el punto de vista de un costo de desulfuración. Para además reducir la fisuración en caliente, el límite superior

de S puede limitarse a 0,0100% o 0,0050%.

Al es un elemento extremadamente importante en la presente invención. Aunque Al es un elemento estabilizador de ferrita similar a Si, Al es un elemento importante que promueve la formación de ferrita sin disminuir la humectabilidad del chapado, asegurando así la ductilidad. Para obtener el efecto del mismo, es necesario contener más del 0,10% de Al. Además, cuando se añade excesivamente Al, no solo se satura el efecto arriba descrito sino que también se produce un aumento excesivo en el coste de la aleación y el deterioro en la soldabilidad. De ese modo, el límite superior se fija en menos que 0,40%. Con el fin de asegurar en forma estable la ductilidad, el límite inferior de Al puede fijarse en 0,15%, 0,20%, o 0,25%, y el límite superior de Al puede fijarse en 0,35% o 0,30%.

N es una impureza. Cuando la cantidad de N es mayor que 0,0100%, el deterioro en tenacidad y ductilidad y presencia de agrietamiento en una pieza de acero son significativas. Debido a que N es efectivo en el incremento de la resistencia a la tracción y límite elástico, similar a C, N puede añadirse positivamente a medida que el límite superior se fija en 0,0100%.

Además, Nb y Ti son elementos extremadamente importantes en la presente invención. Estos elementos son necesarios cuando una lámina de acero que tiene excelentes propiedades de colisión se prepara mediante la formación de carbonitruros para aumentar el límite elástico. El fortalecimiento de los respectivos elementos es diferente. Sin embargo, cuando ambos Nb y Ti están contenidos en un total de 0,030% o más, el producto de la resistencia a la tracción TS y el alargamiento total El como se muestra en la FIG. 1 es excelente, y se puede obtener una resistencia a la tracción de 590 MPa o más. Además, se puede obtener una excelente capacidad de expansión de agujero (relación de expansión de agujero X) como se muestra en la FIG. 2. Además, es posible obtener un límite de alargamiento como un índice de propiedad de colisión de 0,80 o más y una relación de resistencia a la fatiga, como un índice de propiedad de fatiga de 0,45 o más como se muestra en las FIG. 3 y 4. Cuanto mayor es la relación de resistencia a la fatiga, la misma es más preferible. Sin embargo, es difícil que la relación de resistencia a la fatiga sea más que 0,60, y de ese modo, 0,60 es el límite superior real. Además, cuando Nb y Ti se añaden en forma combinada, se pueden obtener carbonitruros más finos en comparación con un caso en el que Nb y Ti se añaden individualmente, y la fuerza de precipitación se incrementa. De ese modo, es importante agregar estos elementos de forma combinada. Además, la razón por la cual el límite superior de la cantidad total de ambos Nb y Ti se fija en 0,100% no es sólo que hay una limitación en el fortalecimiento de la precipitación y la resistencia no se incrementa aún más cuando Nb y Ti se agregan más, sino también que la ductilidad y capacidad de expansión de agujero disminuyen como se muestra en las FIG. 1 y 2. Con el fin de asegurar en forma estable el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total, la capacidad de expansión de agujero, el límite de alargamiento, y la resistencia a la fatiga ratio, el límite inferior del contenido total de ambos Nb y Ti puede ser 0,032%, 0,035%, o 0,040%, y el límite superior del contenido total de ambos Nb y Ti puede ser 0,080%, 0,060%, o 0,050%.

El motivo por el que el límite inferior de cada uno de Nb y Ti se fija en 0,005% es que se forman pocos carbonitruros cuando el contenido es menor que 0,005%, apenas se obtiene el efecto de un incremento en el límite elástico, y no pueden obtenerse carbonitruros más finos. Además, la capacidad de expansión de agujero disminuye. El límite superior de cada uno de Nb y Ti depende del límite superior de la cantidad total de ambos Nb y Ti.

La totalidad de Mo, W, y V son elementos que forman carbonitruros, y uno o dos o más de estos elementos pueden utilizarse según se requiera. Con el fin de obtener el efecto de mejora de resistencia, 0,005% o más de Mo, 0,005% o más de W, y 0,005% o más de V se añaden preferentemente como límites inferiores. Por otro lado, debido a que la adición excesiva provoca un aumento en el coste de la aleación, los límites superiores se ajustan preferiblemente en 1,000% o menos de Mo, 1,000% o menos de W, y 1,000% o menos de V, respectivamente.

Todos los elementos B, Ni, Cu, y Cr son elementos que aumentan la endurecibilidad, y uno o dos o más de estos elementos pueden añadirse según se requiera. Con el fin de obtener el efecto de mejora de resistencia, 0,0005% o más de B, 0,05% o más de Ni, 0,05% o más de Cu, y 0,05% o más de Cr se añaden preferentemente como límites inferiores. Por otro lado, debido a que la adición excesiva provoca un incremento en el costo de aleación, los límites superiores preferentemente se fijan en 0,0100% o menos de B, 1,50% o menos de Ni, 1,50% o menos de Cu, y 1,50% o menos de Cr, respectivamente.

En la lámina de acero de alta resistencia que consiste en las composiciones químicas descritas más arriba, un resto que consiste en hierro como una composición principal puede contener impurezas inevitables mezcladas en un proceso de producción dentro del intervalo que no deteriore las propiedades de la presente invención.

A continuación, se describirán las razones por las que un método de producción es limitado.

Una losa que tiene la composición anteriormente descrita se calienta a una temperatura de 1150 °C o superior. Como losa, se puede usar una losa inmediatamente después de ser producida por una instalación de colada continua o una losa producida por un horno eléctrico. La razón por la cual la temperatura se limita a 1150 °C o superior es para descomponer y disolver suficientemente elementos formadores de carbonitruros y carbono. En dicho caso, la resistencia a la tracción, el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total, el límite de alargamiento, y la relación de resistencia a la fatiga se vuelven excelentes. A fin de disolver los carbonitruros

precipitados, la temperatura es preferentemente 1200°C o superior. Sin embargo, cuando la temperatura de calentamiento es mayor que 1280°C, la temperatura no es preferente desde el punto de vista de costos de producción, y de ese modo, 1200°C se fija preferentemente como límite superior.

5 Para evitar el deterioro de las propiedades de fatiga debido al hecho de que cuando una temperatura de acabado en laminación en caliente es inferior a una temperatura de transformación Ar₃, se precipitan carbonitruros y el tamaño de partícula se vuelve grueso sobre la superficie, y la resistencia de la superficie disminuye significativamente, la temperatura de transformación Ar₃ se establece como límite inferior de la temperatura de acabado en laminación en caliente. El límite superior de la temperatura de acabado no está particularmente limitado, pero 1050 °C se fija substancialmente como el límite superior.

10 Aquí, Ar₃°C es una temperatura de transformación Ar₃ obtenida por la siguiente Expresión 1.

$$Ar_3 = 910 - 325 \times [C] + 33 \times [Si] + 287 \times [P] + 40 \times [Al] - 92 \times ([Mn] + [Mo] + [Cu]) - 46 \times ([Cr] + [Ni]) \dots \text{(Expresión 1)}$$

En donde, los elementos indicados entre paréntesis representan una cantidad de los elementos en % en masa.

15 Una temperatura de bobinado después del laminado de acabado es una condición de producción extremadamente importante en la presente invención. En la presente invención, el control de la precipitación de carbonitruros fijando la temperatura de bobinado en 600°C o inferior, es importante en la etapa de la lámina de acero laminada en caliente, y las propiedades de la presente invención no son deterioradas por la historia pasada hasta ese momento. Cuando la temperatura de bobinado es mayor que 600°C, los carbonitruros en la lámina de acero laminada en caliente precipitan, no se puede lograr suficiente endurecimiento por precipitación después del recocido, y de ese modo, la resistencia a la tracción, el límite de alargamiento, y las propiedades de fatiga se deterioran. Por lo tanto, 20 600°C se fija como el límite superior. Además, cuando la temperatura de bobinado es 600°C o inferior, se obtiene bainita, y es efectiva en la mejora de la resistencia. Además, cuando la temperatura de bobinado es menor que 400°C, no se puede obtener una cantidad suficiente de ferrita, y la ductilidad, el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total, y la capacidad de expansión de agujero disminuyen. De ese modo, 400°C se fija como el límite inferior.

25 Debido a que una lámina de acero laminada en caliente se utiliza como un material base para la lámina de acero de la presente invención, la lámina de acero después se somete a un decapado y recocido típico sin laminación en frío por un laminador en tándem después del laminado en caliente. Sin embargo, la laminación tal como la laminación de revenido (reducción de aproximadamente 0,4% a 10%) puede llevarse a cabo antes del recocido con el fin de mejorar la forma para evitar meandros o similares cuando la lámina de acero pasa a través de un dispositivo de recocido continuo.

30 El recocido preferentemente se lleva a cabo mediante el dispositivo de recocido continuo para controlar la temperatura de calentamiento y el tiempo de calentamiento. La temperatura de calentamiento máxima en el recocido es una condición de producción extremadamente importante en la presente invención. El límite inferior de la temperatura de calentamiento máxima se fija en 600°C, y el límite superior se fija en una temperatura de transformación Ac₁. Cuando la temperatura de calentamiento máxima es menor que 600°C, la precipitación de carbonitruros es insuficiente en el recocido, y la resistencia a la tracción y el límite elástico disminuyen. Además, las propiedades de fatiga disminuyen. Por otro lado, cuando la temperatura de calentamiento máxima es mayor que la temperatura de transformación Ac₁, se producen el engrosamiento de los carbonitruros y la transformación de la ferrita a la austenita, y se alcanza un insuficiente endurecimiento por precipitación. De ese modo, la temperatura de transformación Ac₁ se fija como el límite superior.

40 Aquí, Ac₁°C es una temperatura de transformación Ac₁ obtenida por la siguiente Expresión 2.

$$Ac_1 = 761,3 + 212[C] - 45,8[Mn] + 16,7[Si] \dots \text{(Expresión 2)}$$

En donde, los elementos indicados entre paréntesis representan una cantidad de los elementos en % en masa.

45 Un tiempo de retención a la temperatura de calentamiento máxima en el recocido es una condición de producción extremadamente importante en la presente invención. El tiempo de retención de la lámina de acero dentro del intervalo de temperatura de 600°C hasta la temperatura de transformación Ac₁ se fija en 10 segundos a 200 segundos. Esto se debe a que cuando el tiempo de retención de la lámina de acero a la temperatura de calentamiento máxima es menor que 10 segundos, la precipitación de carbonitruros es insuficiente, y no se puede lograr el suficiente endurecimiento por precipitación. De ese modo, se produce una reducción en la resistencia a la tracción, el límite elástico, y la resistencia a la fatiga. Por otro lado, cuando el tiempo de retención de la lámina de acero a la temperatura de calentamiento máxima es largo, se produce una disminución en la productividad, y también, se produce el engrosamiento de los carbonitruros. De ese modo, No se puede lograr el suficiente endurecimiento por precipitación, y la resistencia a la tracción y el límite elástico disminuyen. Además, la resistencia a la fatiga disminuye. De ese modo, 200 segundos se fijan como el límite superior.

55 Después del recocido, la lámina de acero se enfría hasta 350°C a 550°C y se mantiene la lámina de acero dentro del intervalo de temperatura anterior durante 10 segundos a 500 segundos. La retención en el intervalo de temperatura anterior es extremadamente importante en la presente invención, y la capacidad de expansión de agujero puede

mejorarse a través de la precipitación de cementita fina en ferrita tanto como se posible reteniendo la lámina de acero a 350°C a 550°C después del recocido. Cuando la temperatura de retención es mayor que 550°C, la cementita en la ferrita se vuelve gruesa como se muestra en la FIG. 5, la densidad en número de la cementita en la ferrita también se incrementa como se muestra en la FIG. 6, y de ese modo, la capacidad de expansión de agujero se deteriora como se muestra en las FIG. 7 y 8. Por lo tanto, el límite superior se fija en 550°C. Además, cuando la temperatura de retención se fija en menor que 350°C, el efecto de la precipitación de cementita fina en la ferrita se reduce, y de ese modo, el límite inferior se fija en 350°C. Cuando el tiempo de retención dentro del intervalo de temperatura anterior es mayor que 500 segundos, la cementita en la ferrita se vuelve gruesa, la densidad en número de la misma se incrementa, y la capacidad de expansión de agujero se deteriora. De ese modo, el límite superior se fija en 500 segundos. Cuando el tiempo de retención dentro del intervalo de temperatura anterior es menor que 10 segundos, el efecto de la precipitación de cementita fina en ferrita no se puede obtener suficientemente, y de ese modo, el límite inferior se fija en 10 segundos. Después de la retención de la lámina de acero, la lámina de acero se enfría a temperatura ambiente.

Además, la velocidad de enfriamiento después del recocido puede controlarse apropiadamente mediante la pulverización de un refrigerante, tal como agua, soplado de aire, o enfriamiento forzado usando niebla o similar.

Cuando la lámina de acero se somete a galvanización por inmersión en caliente o a recocido galvanizado después del enfriamiento después de que se lleva a cabo el recocido, la composición del chapado con zinc no está particularmente limitada, y además de Zn, se pueden añadir Fe, Al, Mn, Cr, Mg, Ph, Sn, Ni y similar según se requiera. El chapado se puede llevar a cabo como un proceso separado del recocido, pero se lleva a cabo preferiblemente a través de una línea continua de recocido-galvanización por inmersión en caliente en la que se realizan continuamente el recocido, el enfriamiento y el chapado desde el punto de vista de la productividad. Cuando no se lleva a cabo el siguiente tratamiento de aleación, la lámina de acero se enfría a temperatura ambiente después del chapado.

Cuando se lleva a cabo un tratamiento de aleación, es preferible que el tratamiento de aleación se lleve a cabo dentro de un intervalo de temperatura de 450°C a 600°C después del chapado, y después, la lámina de acero sea enfriada hasta temperatura ambiente. Esto se debe a que la aleación no procede suficientemente a una temperatura inferior a 450 °C, y la aleación procede en forma excesiva a una temperatura superior a 600 °C de tal manera que la capa de chapado se fragiliza para provocar un problema de exfoliación de la capa de chapado durante el trabajo tal como prensado o similar. Cuando un tiempo de tratamiento de aleación es inferior a 10 segundos, la aleación no procede suficientemente, y de ese modo, es preferible 10 segundos o más. Además, el límite superior del tiempo de tratamiento de aleación no está particularmente limitado, pero preferiblemente está dentro de 100 segundos desde el punto de vista de la productividad.

Desde el punto de vista de productividad, es preferible que se proporcione un horno de tratamiento de aleación continuamente a la línea de recocido continuo de galvanización por inmersión en caliente para llevar a cabo el recocido, enfriamiento, chapado y un tratamiento de aleación, y el enfriamiento de una manera continua.

Los ejemplos de la capa de chapado mostrada en ejemplos incluyen galvanización por inmersión en caliente y recocido galvánico, pero también se incluye electrolgalvanización.

La laminación de ajuste es extremadamente importante en la presente invención. La laminación de ajuste tiene los efectos de no sólo corregir la forma y asegurar propiedades de superficie, sino también mejorar las propiedades de fatiga mediante el endurecimiento de la superficie. De ese modo, la laminación de ajuste preferentemente se lleva a cabo en un intervalo de una relación de alargamiento de 0,4% a 2,0%. El motivo por el que el límite inferior de la relación de alargamiento de la laminación de ajuste se fija en 0,4% es que cuando la relación de alargamiento es menor que 0,4%, no se logran suficiente mejora en la rugosidad de la superficie y el endurecimiento del trabajo de la única superficie, y las propiedades de fatiga no se mejoran. De ese modo, el 0,4% se establece como el límite inferior. Por otro lado, cuando la laminación de ajuste se lleva a cabo en una relación de alargamiento de más que 2,0%, la lámina de acero se trabaja excesivamente y se endurece para deteriorar la conformabilidad por presión, y de ese modo, 2,0% se fija como límite superior.

A continuación, se describirá una estructura metalográfica.

La microestructura de la lámina de acero obtenida por la presente invención está compuesta principalmente por ferrita y bainita. Cuando la fracción de área de ferrita es menor que 80%, la fracción de bainita se incrementa y no se puede obtener suficiente ductilidad. De ese modo, el límite inferior de la fracción de área de ferrita se fija en 80% o más. Cuando la fracción de área de ferrita es más que 95%, la resistencia a la tracción disminuye, y de ese modo el límite superior de la fracción de área de ferrita se fija en 95% o menos. Sin embargo, la cementita en la ferrita no se convierte en un área.

Bainita contribuye a un alto fortalecimiento. Sin embargo, cuando la cantidad de baño es excesiva, se produce una disminución de la ductilidad, y de ese modo, el límite inferior se fija en 5% y el límite superior se fija en 20%.

Además, como otras fases, hay perlita, austenita residual, y martensita, y cuando una fracción total (fracción de área o relación de volumen) de estas composiciones es 3% o más, el límite elástico se reduce y es difícil aumentar el

límite de alargamiento a 0,80 o más. Por lo tanto, la fracción total de la perlita, la austenita residual y la martensita se fija en menos del 3%.

La microestructura se puede observar con un microscopio óptico recogiendo una muestra que tiene una sección transversal de espesor de lámina, que es paralela en una dirección de laminación, como superficie de observación, puliendo la superficie de observación, y llevando a cabo grabado en nital, y como sea requerido, grabado La Pera. En la observación de la microestructura, se representó una porción que está a una profundidad de 114 de la muestra recogida desde una posición arbitraria de la lámina de acero en la dirección del espesor con un aumento de 1000 veces en un intervalo de 300 x 300 μm mediante el binarizado de la imagen de la microestructura obtenida por el microscopio óptico a blanco y negro y analizando la imagen, se puede obtener una fracción de área total una cualquiera o más perlita, bainita, y martensita como una fracción de área de fases distinta de ferrita. Es difícil distinguir la austenita residual de la martensita con el microscopio óptico, pero la relación en volumen de la austenita residual se puede medir por un método de difracción de rayos X. La fracción de área obtenida de la microestructura es la misma que la relación de volumen.

La forma de cementita en ferrita es extremadamente importante en la presente invención. Cuando el diámetro de círculo equivalente de cementita en ferrita es más de 0,300 μm , existe una alta posibilidad de que la cementita sea un punto de partida de craqueo en una prueba de expansión de agujero, y la capacidad de expansión de agujero se deteriora. De ese modo, el límite superior se fija en 0,300 μm . El límite inferior se fija en 0,003 μm en términos de precisión en la medición. Además, cuando la densidad en número de cementita que tiene el diámetro de círculo equivalente en ferrita es más que 0,10 partículas/ μm^2 , la cementita en la ferrita puede ser un punto de inicio de craqueo en una prueba de expansión de agujero, y de ese modo, la capacidad de expansión de agujero se deteriora. De ese modo, el límite superior se fija en 0,10 partículas/ μm^2 . Es difícil controlar la densidad en número de cementita en ferrita para que sea 0,02 partículas/ μm^2 , y de ese modo, el límite inferior se fija en 0,02 partículas/ μm^2 . El diámetro de círculo equivalente y la densidad en número de cementita en la ferrita se determinaron a partir del resultado de observación de 100 campos de vista obtenidos preparando una muestra de réplica de extracción que se extrajo de una porción que está a una profundidad de 114 de una muestra recogida de una posición arbitraria de la lámina de acero en la dirección del espesor, y observando la cementita en ferrita con un microscopio electrónico de tipo de transmisión (TEM) con un aumento de 10.000 veces en un intervalo de 10 x 10 μm . Como para un método de conteo, 100 campos de vista fueron seleccionados arbitrariamente.

A continuación se describe un método de ensayo de cada propiedad mecánica. Se tomó una muestra de ensayo de tracción de acuerdo a JIS Z 2201 n° 5 de una lámina de acero después de ser producida considerando la dirección de anchura (denominada dirección TD) como dirección longitudinal, y se evaluaron las propiedades de tracción en la dirección TD de acuerdo a JIS Z 2241. La resistencia a la fatiga se evaluó con la máquina de prueba de fatiga de flexión plana Schenk de acuerdo a JIS Z 2275. La carga de esfuerzo en este momento se fijó en una frecuencia de vibración de prueba inversa de 30 Hz. Además, de acuerdo con la descripción anterior, un valor obtenido dividiendo la resistencia a la fatiga en el ciclo de 10^7 medido por la prueba de fatiga de flexión plana por la resistencia a la tracción medida por el ensayo de tracción descrito anteriormente se ajustó a una relación de resistencia a la fatiga. La capacidad de expansión de agujero se evaluó de acuerdo a la Norma de la Federación de Hierro y Acero de Japón F JFST 1001. Cada una de las láminas de acero obtenida se cortó en piezas de tamaño de 100 mm x 100 mm y después se punzó para tener un agujero con un diámetro de 10 mm con un espacio libre de 12% del espesor. Entonces, en un estado en el que las arrugas se suprimieron con una fuerza de supresión de arrugas de 88,2 kN usando una matriz con un diámetro interior de 75 mm, un punzón cónico de 60° fue forzado a través del agujero para medir un diámetro de agujero en un límite de iniciación de fractura. Se obtuvo una relación de expansión de agujero límite [%] a partir de la siguiente Expresión 3, y se evaluó la capacidad de expansión de agujero en base a la relación de expansión de agujero límite.

$$\text{Relación de expansión del agujero límite } \lambda \text{ [\%]} = \{(D_f - D_0) / D_0\} \times 100 \dots (\text{Expresión 3})$$

Aquí, D_f representa un diámetro del agujero [mm] en el momento de la iniciación de fractura, y D_0 representa un diámetro inicial del agujero [mm]. Además, se evalúa la adhesión de chapado de acuerdo a JIS H 0401 en una observación visual de un estado superficial de una película de chapado en una porción doblada por una prueba de flexión.

Ejemplos

Los aceros que tienen las composiciones que se muestran en la Tabla 1 se fundieron y se moldearon para formar losas. Se produjeron láminas de acero utilizando las losas obtenidas en las condiciones mostradas en las Tablas 2-1 y 2-2. "[-]" en la Tabla 1 indica que el valor analizado de una composición es menor que un límite de detección. Además, también se muestran los valores de cálculo en la Tabla 1, Ar3 [°C] y Ar1 [°C].

Se tomó una muestra de ensayo de tracción de acuerdo a JIS Z 2201 n° 5 de una lámina de acero después de ser producida considerando la dirección de anchura (denominada dirección TD) como dirección longitudinal, y se evaluaron las propiedades de tracción en la dirección TD de acuerdo a JIS Z 2241. La resistencia a la fatiga se evaluó con la máquina de prueba de fatiga de flexión plana tipo Schenk de acuerdo a JIS Z 2275. La carga de esfuerzo en este momento se fijó en una frecuencia de vibración de prueba inversa de 30 Hz. Además, de acuerdo con la descripción anterior, un valor obtenido dividiendo la resistencia a la fatiga en el ciclo de 10^7 medido por la

prueba de fatiga de flexión plana por la resistencia a la tracción medida por el ensayo de tracción descrito anteriormente se ajustó a una relación de resistencia a la fatiga. La capacidad de expansión de agujero se evaluó de acuerdo con la Norma de Federación Japonesa de Hierro y Acero JFST 1001. Cada una de las láminas de acero obtenidas se cortó en piezas de tamaño de 100 mm x 100 mm y luego se punzó para tener un agujero con un diámetro de 10 mm con una separación de 12% del espesor. Entonces, en un estado en el que las arrugas se suprimieron con una fuerza de supresión de arrugas de 88,2 kN usando una matriz con un diámetro interior de 75 mm, un punzón cónico de 60° fue forzado a través del agujero para medir un diámetro de agujero en un límite de iniciación de fractura. Se obtuvo una relación de expansión de agujero límite [%] a partir de la siguiente Expresión 3, y se evaluó la capacidad de expansión de agujero en base a la relación de expansión de agujero límite.

10 Relación de expansión de agujero límite λ [%] = $\{(D_f - D_0) / D_0\} \times 100 \dots$ (Expresión 3)

Aquí, D_f representa un diámetro del agujero [mm] en el momento de la iniciación de la fractura, y D_0 representa un diámetro inicial del agujero [mm]. Además, se evalúa la adhesión de chapado de acuerdo a JIS H 0401 en una observación visual de un estado superficial de una película de chapado en una porción doblada por una prueba de flexión.

15 La microestructura de la sección transversal de grosor de lámina de la lámina de acero se observó de la manera descrita anteriormente, y la fracción de área de bainita se obtuvo como una fracción del área total de ferrita y fases distintas de ferrita.

El resultado se muestra en las Tablas 3-1 y 3-2. En la presente invención, las propiedades de fatiga se evaluaron como excelentes en un caso en que una relación de resistencia a la fatiga como índice de propiedad de fatiga era 0,45 o más. La ductilidad se evaluó como excelente en un caso en que el producto de resistencia a la tracción TS [MPa] y alargamiento total El [%], es decir, TS x El [MPa· %], como índice de ductilidad era 17000 [MPa· %] o más. La capacidad de expansión de agujero se evaluó como excelente en un caso en que una relación de expansión de agujero X [%] como índice de capacidad de expansión de agujero era 80% o más. Las propiedades de colisión se evaluaron como excelentes en un caso en que un límite de alargamiento como un índice de propiedad de colisión era 0,80 o más.

Como se muestra en las Tablas 3-1 y 3-2, el resultado es que es posible obtener una lámina de acero de alta resistencia que tiene excelente resistencia a la fatiga y propiedades de colisión, y excelente equilibrio de ductilidad-capacidad de expansión de agujero, una lámina de acero galvanizada por inmersión en caliente, y una lámina de acero recocida galvanizada sometiendo el acero que tiene las composiciones químicas de la presente invención laminado en caliente y recocido en condiciones apropiadas.

Por otro lado, para el acero n° M, debido a que la cantidad de C es grande, la ductilidad y la capacidad de expansión de agujero disminuyen.

Para el acero n° N, debido a que la cantidad de C es pequeña, la fracción de área de bainita se reduce, la resistencia a la tracción disminuye, y el límite de alargamiento y el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuyen.

Para el acero n° O, debido a que la cantidad de Si es grande, la fracción de área de bainita se reduce, la resistencia a la tracción disminuye, y el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuye.

Para el acero n° P, debido a que la cantidad de Mn es pequeña, la fracción de área de bainita se reduce, la resistencia a la tracción disminuye, y el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuye.

Para el acero n° Q, debido a que la cantidad de Mn es grande, la fracción de área de bainita se incrementa, y la resistencia a la tracción se incrementa. Sin embargo, la ductilidad disminuye, el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuye, y la capacidad de expansión de agujero también disminuye.

Para el acero n° R, debido a que la cantidad de Al es pequeña, la fracción de área de bainita se incrementa, la ductilidad disminuye, el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuye, y la capacidad de expansión de agujero también disminuye.

Para el acero n° S, debido a que la cantidad de Al es grande, la fracción de área de bainita se reduce, la resistencia a la tracción disminuye, y el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuye.

Para el acero n° T, debido a que la cantidad total de Ti y Nb es pequeña, la resistencia a la tracción disminuye, el límite de alargamiento, el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuyen. También, la resistencia a la fatiga y la capacidad de expansión de agujero disminuyen.

Para el acero n° U, debido a que la cantidad de Ti es pequeña, el límite de alargamiento y la capacidad de expansión de agujero disminuyen.

Para el acero n° V, debido a que la cantidad de Ti es grande, la ductilidad disminuye, el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuye, y la capacidad de expansión de agujero también disminuye.

Para el acero nº W, debido a que la cantidad de Nb es pequeña, el límite de alargamiento y la capacidad de expansión de agujero disminuyen.

Para el acero nº X, debido a que la cantidad de Nb es grande, la ductilidad disminuye, el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuye, y la capacidad de expansión de agujero también disminuye.

- 5 Para el acero nº Y, debido a que Nb no es añadido, la resistencia a la tracción, el límite de alargamiento y la resistencia a la fatiga ratio disminuyen.

Para el acero nº Z, debido a que la cantidad total de Ti y Nb es grande, la ductilidad disminuye, el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuye, y la capacidad de expansión de agujero también disminuye.

- 10 Para el acero nº AA, debido a que la cantidad de Ti y Nb es grande, la ductilidad disminuye, el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuye, y la capacidad de expansión de agujero también disminuye.

Para la producción nº 3, debido a que la temperatura de calentamiento es baja durante el laminado en caliente, y la cantidad de endurecimiento por precipitación por carbonitruros es pequeña, la resistencia a la tracción disminuye, el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuye, y el límite de alargamiento y la resistencia a la fatiga ratio también disminuyen.

- 15 Para la producción nº 6, debido a que la temperatura de retención después de calentar la lámina de acero hasta la temperatura de calentamiento máxima en el proceso de recocido y enfriamiento es baja, la cementita en la ferrita se vuelve gruesa y la capacidad de expansión de agujero disminuye.

- 20 Para la producción nº 9, debido a que el tiempo de retención después de calentar la lámina de acero hasta la temperatura de calentamiento máxima en el proceso de recocido y enfriamiento es corto, la cementita en la ferrita se vuelve gruesa y la capacidad de expansión de agujero disminuye.

Para la producción nº 12, la temperatura de acabado durante el laminado en caliente es baja y la resistencia a la fatiga disminuye debido al ablandamiento de la superficie de la lámina de acero.

- 25 Para la producción nº 15, debido a que la temperatura de bobinado es alta, y la cantidad de endurecimiento por precipitación por carbonitruros es pequeña, la resistencia a la tracción, el límite de alargamiento, y la resistencia a la fatiga ratio disminuyen.

Para la producción nº 18, la temperatura de bobinado es baja, la fracción de área de bainita se incrementa, la ductilidad disminuye, el producto de resistencia a la tracción y alargamiento total disminuye, y la capacidad de expansión de agujero también disminuye.

- 30 Para la producción nº 21, debido a que la temperatura de calentamiento máxima durante el recocido es alta y la cantidad de endurecimiento por precipitación por carbonitruros es pequeña, la resistencia a la tracción, el límite de alargamiento, y la resistencia a la fatiga ratio disminuyen.

Para la producción nº 24, debido a que la temperatura de calentamiento máxima durante el recocido es baja y la cantidad de endurecimiento por precipitación por carbonitruros es pequeña, la resistencia a la tracción, el límite de alargamiento, y la resistencia a la fatiga ratio disminuyen.

- 35 Para la producción nº 27, debido a que el tiempo de retención a la temperatura de calentamiento máxima durante el recocido es corto, y la cantidad de endurecimiento por precipitación por carbonitruros es pequeña, la resistencia a la tracción, el límite de alargamiento, y la resistencia a la fatiga ratio disminuyen.

- 40 Para la producción nº 30, debido a que el tiempo de retención en la temperatura de calentamiento máxima durante el recocido es largo y la cantidad de endurecimiento por precipitación por carbonitruros es pequeña, la resistencia a la tracción, el límite de alargamiento, y la resistencia a la fatiga ratio disminuyen.

Para la producción nº 31, debido a que la temperatura de retención después de que la lámina de acero es retenida a la temperatura de calentamiento máxima y después es enfriada es alta, la cementita en la ferrita se vuelve gruesa, y la densidad en número también se incrementa, la capacidad de expansión de agujero disminuye.

- 45 Para la producción nº 34, debido a que la temperatura de bobinado es alta, la cantidad de la ferrita es excesiva y la resistencia a la tracción disminuye.

Para la producción nº 35, debido a que el tiempo de retención isotérmica después de que la lámina de acero se mantiene a la temperatura de calentamiento máxima y después es enfriada es largo, la cementita se vuelve gruesa, y la densidad en número se incrementa, la capacidad de expansión de agujero disminuye.

- 50 Para la producción nº 38, debido a que la temperatura de bobinado es baja, se generan una gran cantidad de precipitados y la relación de expansión de agujero es baja.

Tabla 1

Acero nº	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Nb	Ti+Nb	Mo	W	V	B	Ni	Cu	Cr	At ₃	Ac ₁	Observaciones
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	°C	°C	
A	0,050	0,05	1,50	0,0085	0,0022	0,35	0,0033	0,050	0,020	0,070	-	-	-	-	-	-	-	774	704	Acero de invención
B	0,045	0,02	1,55	0,0078	0,0033	0,25	0,0034	0,040	0,030	0,070	-	-	-	-	-	-	-	766	700	Acero de invención
C	0,055	0,03	1,45	0,0071	0,0031	0,30	0,0035	0,030	0,040	0,070	-	-	-	-	-	-	-	774	707	Acero de invención
D	0,050	0,08	1,40	0,0077	0,0026	0,20	0,0039	0,035	0,025	0,060	-	-	-	-	0,25	-	-	766	709	Acero de invención
E	0,040	0,03	1,10	0,0082	0,0025	0,35	0,0034	0,025	0,030	0,055	0,10	-	-	-	-	0,20	-	795	720	Acero de invención
F	0,060	0,04	1,00	0,0091	0,0030	0,35	0,0040	0,020	0,025	0,045	-	0,15	0,10	-	-	-	-	816	729	Acero de invención
G	0,070	0,03	0,90	0,0073	0,0029	0,30	0,0035	0,040	0,030	0,070	-	-	-	0,0010	-	0,30	-	782	735	Acero de invención
H	0,035	0,02	1,30	0,0080	0,0028	0,35	0,0036	0,045	0,015	0,060	0,15	-	-	-	-	-	-	782	710	Acero de invención
I	0,050	0,03	1,05	0,0092	0,0024	0,35	0,0035	0,030	0,030	0,060	-	0,20	-	0,0015	0,30	-	-	801	724	Acero de invención
J	0,045	0,06	0,95	0,0073	0,0023	0,30	0,0041	0,040	0,020	0,060	0,10	-	0,15	-	-	0,25	-	792	728	Acero de invención
K	0,055	0,07	0,85	0,0069	0,0024	0,35	0,0033	0,025	0,020	0,045	0,20	0,30	-	-	0,25	-	0,30	789	735	Acero de invención
L	0,030	0,07	1,00	0,0081	0,0030	0,25	0,0034	0,030	0,050	0,080	-	-	-	0,0010	-	0,30	0,25	784	723	Acero de invención
M	0,150	0,05	1,20	0,0079	0,0027	0,30	0,0033	0,045	0,030	0,075	-	-	-	-	-	-	-	767	739	Acero comparativo
N	0,010	0,08	1,50	0,0077	0,0025	0,25	0,0028	0,030	0,030	0,060	-	-	-	-	-	-	-	783	696	Acero comparativo
O	0,050	0,30	1,35	0,0082	0,0028	0,35	0,0030	0,035	0,035	0,070	-	-	-	-	-	-	-	796	715	Acero comparativo
P	0,050	0,05	0,50	0,0077	0,0025	0,30	0,0038	0,055	0,025	0,080	-	-	-	0,0015	-	-	-	864	750	Acero comparativo
Q	0,035	0,05	2,50	0,0075	0,0033	0,30	0,0027	0,035	0,030	0,065	-	-	-	-	-	-	-	684	655	Acero comparativo
R	0,045	0,02	1,25	0,0088	0,0025	0,03	0,0037	0,020	0,055	0,075	0,15	-	-	-	-	-	-	771	714	Acero comparativo
S	0,050	0,05	1,50	0,0072	0,0027	0,55	0,0028	0,030	0,035	0,065	-	-	-	-	-	-	-	781	704	Acero comparativo
T	0,050	0,03	1,20	0,0090	0,0026	0,30	0,0029	0,015	0,010	0,025	-	-	-	-	-	-	-	799	717	Acero comparativo
U	0,045	0,04	1,60	0,0073	0,0025	0,35	0,0033	0,002	0,040	0,042	-	-	-	-	-	-	-	766	698	Acero comparativo
V	0,050	0,04	1,50	0,0075	0,0030	0,25	0,0034	0,150	0,035	0,185	-	-	-	-	-	-	-	769	704	Acero comparativo
W	0,050	0,05	1,55	0,0076	0,0031	0,30	0,0029	0,045	0,002	0,047	-	-	-	-	-	-	-	767	702	Acero comparativo
X	0,055	0,05	1,35	0,0071	0,0029	0,30	0,0028	0,040	0,130	0,170	-	-	-	-	-	-	-	784	712	Acero comparativo
Y	0,045	0,03	1,05	0,0088	0,0028	0,35	0,0040	0,035	-	0,035	-	-	-	-	-	-	0,15	809	723	Acero comparativo
Z	0,050	0,05	1,15	0,0078	0,0030	0,25	0,0038	0,120	0,120	0,240	-	-	-	-	-	-	-	802	720	Acero comparativo
AA	0,050	0,02	1,35	0,0072	0,0032	0,35	0,0028	0,060	0,055	0,115	-	-	-	-	-	-	-	786	710	Acero comparativo

(Nota 1) Los valores subrayados indican valores fuera del intervalo de la presente invención.

Tabla 2-1

Acero n°	Producción n°	Laminado en caliente			Recocido						Laminación de ajuste después del recocido	
		Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura de acabado (°C)	Temperatura de enfriamiento (°C)	Temperatura de calentamiento máxima (°C)	Tiempo de retención (s)	Temperatura de retención (°C)	Tiempo de retención (s)	Temperatura de tratamiento de aleación (°C)	Tiempo de tratamiento de aleación (s)	Relación de alargamiento (%)	Chapado de zinc
A	1	1200	920	550	650	100	450	300	550	30	0.6	Chapado
	2	1220	900	530	680	120	450	250	-	-	0.8	Chapado
	3	<u>1050</u>	920	570	650	120	400	330	540	20	0.6	Chapado
B	4	1220	920	540	670	100	500	300	-	-	0.8	Sin chapado
	5	1200	920	580	680	100	480	280	550	30	0.6	Chapado
	6	1200	900	550	670	100	<u>300</u>	270	-	-	1.0	Sin chapado
C	7	1200	900	580	670	80	400	250	-	-	0.8	Sin chapado
	A	1200	900	600	680	100	480	300	-	-	0.8	Chapado
	9	1220	920	570	680	120	450	<u>5</u>	550	25	0.6	Chapado
D	10	1200	930	580	670	80	430	280	-	-	0.6	Sin chapado
	11	1250	910	550	670	120	420	300	530	25	0.6	Chapado
	12	1200	<u>750</u>	550	700	100	400	300	550	30	1.0	Chapado
E	13	1230	950	550	690	80	460	280	-	-	0.6	Chapado
	14	1230	950	550	630	60	450	270	540	25	0.6	Chapado
	15	1200	970	<u>650</u>	650	130	400	350	520	30	0.8	Chapado
F	16	1220	880	450	650	110	400	330	550	20	0.7	Chapado
	17	1190	900	550	660	100	420	320	-	-	0.4	Sin chapado
	18	1200	920	<u>350</u>	650	90	460	300	510	25	0.5	Chapado
G	19	1200	910	550	630	100	450	350	530	20	0.5	Chapado
	20	1200	910	580	620	100	460	280	520	30	0.9	Chapado
	21	1260	930	550	<u>780</u>	120	430	300	520	15	0.7	Chapado
H	22	1240	900	570	650	90	420	300	-	-	0.8	Chapado
	23	1250	900	530	650	80	420	330	-	-	0.8	Sin chapado
	24	1200	950	470	<u>570</u>	100	400	280	510	20	0.7	Chapado
I	25	1190	940	560	660	120	450	390	520	20	0.5	Chapado
	26	1260	900	550	680	100	480	250	-	-	0.4	Chapado
	27	1220	920	550	660	<u>2</u>	390	260	510	20	0.8	Chapado

(Nota 1) Los valores subrayados indican valores fuera del intervalo de la presente invención.

Tabla 2-2

Acero nº	Producción nº	Laminado en caliente			Recocido							Laminación de ajuste después del recocido	
		Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura de acabado (°C)	Temperatura de enfriamiento (°C)	Temperatura de calentamiento máxima (°C)	Tiempo de retención (s)	Temperatura de retención (°C)	Temperatura de retención (s)	Temperatura de tratamiento de aleación (°C)	Tiempo de tratamiento de aleación (s)	Relación de alargamiento (%)	Chapado de zinc	
J	28	1230	920	580	670	100	450	400	-	-	0,8	Sin chapado	
	29	1230	920	590	670	100	450	350	540	15	0,8	Chapado	
	30	1220	930	580	630	250	450	350	510	20	0,7	Chapado	
K	31	1220	900	550	670	110	600	330	-	-	0,6	Sin chapado	
	32	1210	890	550	650	80	450	320	520	30	0,7	Chapado	
	33	1220	900	530	650	100	450	300	550	25	0,4	Chapado	
L	34	1200	900	700	680	90	460	280	530	20	0,6	Chapado	
	35	1210	920	530	640	120	480	600	520	25	0,5	Chapado	
	36	1200	910	520	670	120	420	300	-	-	0,6	Sin chapado	
M	37	1250	900	520	640	110	400	350	530	20	0,4	Chapado	
	38	1200	880	300	660	95	440	290	540	25	0,6	Chapado	
	39	1240	940	580	630	150	450	300	550	20	0,3	Chapado	
N	40	1220	000	560	650	100	450	280	-	-	0,8	Chapado	
	41	1220	930	420	670	100	420	280	550	25	0,8	Chapado	
	42	1260	950	550	610	120	450	300	520	25	1,2	Chapado	
O	43	1200	900	550	660	80	500	300	550	30	0,6	Chapado	
	44	1270	910	570	700	110	450	300	-	-	0,5	Chapado	
	45	1200	900	580	680	80	420	270	550	35	0,8	Chapado	
P	46	1250	930	550	690	130	450	300	510	30	0,6	Chapado	
	47	1200	920	450	650	80	500	270	-	-	0,8	Sin chapado	
	48	1200	900	550	670	80	500	260	540	30	1,0	Chapado	
Q	49	1220	920	450	650	100	420	300	550	30	1,0	Chapado	
	50	1220	920	480	650	120	430	250	540	35	0,8	Chapado	
	51	1200	900	550	650	100	450	300	520	20	0,6	Chapado	
R	52	1220	930	580	680	100	420	350	-	-	0,8	Sin chapado	
	53	1200	900	550	670	120	450	300	550	30	0,6	Chapado	

(Nota 1) Los valores subrayados indican valores fuera del intervalo de la presente invención.

Tabla 3-1

Acero n°	Producción n°	Microestructura			Cementita		Propiedades mecánicas							
		Fración de área de ferrita (%)	Fración de área de bainita (%)	Fración total de otras fases (%)	Diámetro de círculo equivalente (µm)	Densidad en número partícula/µm ²	Límite elástico YP (Mpa)	Resistencia a la tracción TS (Mpa)	Alargamiento total EI (%)	Límite de alargamiento (MPa-%)	TS x EI (MPa-%)	Resistencia a la fatiga (Mpa)	Relación de resistencia a la fatiga (h)	Relación de expansión de agujero λ (%)
A	1	88	12	0	0,205	0,08	560	620	28	0,90	17360	330	0,53	120
	2	86	14	0	0,195	0,08	550	605	29	0,91	17545	320	0,53	110
	3	89	11	0	0,175	0,10	430	560	30	0,77	16800	240	0,43	100
B	4	86	14	0	0,250	0,10	540	615	29	0,88	17835	300	0,49	105
	5	89	11	0	0,220	0,07	530	605	30	0,88	18150	300	0,50	110
	6	88	12	0	0,320	0,08	550	610	29	0,90	17690	300	0,49	70
C	7	89	11	0	0,155	0,10	540	610	29	0,89	17690	300	0,49	110
	8	90	10	0	0,225	0,10	530	600	30	0,88	18000	300	0,50	105
	9	88	12	0	0,320	0,08	540	610	29	0,89	17690	300	0,49	70
D	10	88	12	0	0,180	0,06	555	625	28	0,89	17500	300	0,46	120
	11	86	14	0	0,175	0,10	555	620	28	0,90	17360	310	0,50	110
	12	86	14	0	0,160	0,10	620	660	26	0,94	17160	270	0,41	100
E	13	89	11	0	0,200	0,08	540	610	29	0,89	17690	320	0,52	130
	14	89	11	0	0,170	0,09	560	630	28	0,89	17640	310	0,49	130
	15	95	5	0	0,165	0,10	410	550	32	0,75	17600	240	0,44	150
F	16	82	17	1	0,180	0,10	580	640	27	0,91	17280	320	0,50	100
	17	88	12	0	0,200	0,10	560	620	28	0,90	17360	325	0,52	110
	18	70	28	2	0,205	0,08	600	700	23	0,86	16100	350	0,50	65
G	19	87	13	0	0,195	0,08	555	630	28	0,88	17640	310	0,49	95
	20	90	10	0	0,200	0,10	540	620	28	0,87	17360	330	0,53	105
	21	87	13	0	0,185	0,09	420	55	31	0,76	17205	230	0,41	120
H	22	89	11	0	0,175	0,10	525	610	29	0,86	17690	300	0,49	140
	23	87	13	0	0,180	0,10	530	615	29	0,86	17835	300	0,49	130
	24	84	15	1	0,150	0,10	420	570	30	0,74	11100	240	0,42	150
I	25	88	12	0	0,220	0,10	550	610	29	0,90	17690	310	0,51	120
	26	88	12	0	0,230	0,08	550	605	29	0,91	17545	310	0,51	120
	27	88	12	0	0,140	0,10	430	57	30	0,75	17250	240	0,42	130

(Nota 1) Los valores subrayados indican valores fuera del intervalo de la presente invención.

[Tabla 3-2]

Acero nº	Producción nº	Microestructura			Cementita		Propiedades mecánicas							
		Fración de área de ferrita (%)	Fración de área de bainita (%)	Fración total de otras fases (%)	Diámetro de círculo equivalente (µm)	Densidad en número partícula/µm ²	Límite elástico YP (MPa)	Resistencia a la tracción TS (Mpa)	Alargamiento total El %	Límite de alargamiento (MPa.%)	Resistencia a la fatiga (MPa)	Relación de resistencia a la fatiga (h)	Relación de expansión de agujero λ (%)	
J	28	89	11	0	0,215	0,09	550	615	29	0,89	17835	330	0,54	125
	29	90	10	0	0,210	0,10	545	615	29	0,89	17835	320	0,52	130
	30	89	11	0	0,210	0,10	415	565	31	0,73	17515	230	0,41	145
K	31	87	13	0	0,350	0,20	545	620	28	0,88	17360	310	0,50	60
	32	87	13	0	0,210	0,10	560	615	28	0,91	17220	320	0,52	115
	33	85	15	0	0,205	0,10	565	620	28	0,91	17360	300	0,48	105
	34	98	2	0	0,280	0,10	500	575	30	0,87	17250	290	0,50	120
	35	83	17	0	0,335	0,20	560	635	28	0,88	17780	330	0,52	60
L	36	82	18	0	0,175	0,09	560	625	28	0,90	17500	330	0,53	130
	37	82	18	0	0,165	0,01	580	630	27	0,92	17010	320	0,51	130
	38	85	10	5	0,105	0,10	450	680	24	0,66	16320	400	0,59	50
	39	88	12	0	0,205	0,10	620	720	22	0,86	15840	340	0,47	80
	40	100	0	0	0,200	0,10	380	540	30	0,70	16200	260	0,48	100
O	41	96	3	1	0,180	0,08	530	585	28	0,91	16380	300	0,51	120
	42	100	0	0	0,205	0,08	540	580	28	0,93	16240	300	0,52	150
Q	43	70	30	0	0,255	0,10	630	730	22	0,86	16060	350	0,48	60
	44	75	25	0	0,205	0,07	590	670	24	0,88	16080	320	0,48	70
S	45	97	3	0	0,170	0,08	500	585	28	0,85	16380	300	0,51	100
	46	87	13	0	0,205	0,10	430	570	29	0,75	16530	240	0,42	70
U	47	84	16	0	0,250	0,09	420	600	30	0,70	18000	300	0,50	70
	48	88	12	0	0,245	0,09	620	690	23	0,90	15870	340	0,49	70
W	49	84	16	0	0,165	0,10	420	600	30	0,70	18000	300	0,50	70
	50	85	15	0	0,165	0,10	620	690	23	0,90	15870	340	0,49	70
Y	51	86	14	0	0,205	0,08	440	585	30	0,75	17550	250	0,43	90
	52	87	13	0	0,175	0,10	690	750	21	0,92	15750	370	0,49	60
AA	86	14	0	0,195	0,10	620	700	22	0,89	15400	360	0,51	60	

(Nota 1) Los valores subrayados indican valores fuera del intervalo de la presente invención.

Aplicabilidad industrial

5 De acuerdo a la presente invención, es posible proporcionar una lámina de acero de alta resistencia y una lámina de acero chapada, que tienen una resistencia a la tracción de 590 MPa o más, una relación de alto rendimiento, y excelentes propiedades de fatiga y equilibrio de capacidad de expansión de agujero-ductilidad, y además, excelentes propiedades de colisión, y que aportan una contribución sumamente significativa a la industria. Además, la presente invención hace posible reducir el espesor de lámina de una pieza de suspensión de un vehículo y presenta así un efecto extremadamente notable que contribuye significativamente a una disminución en el peso de una carrocería de vehículo.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero que consiste en, en % en masa:
 - C: 0,020% o más y 0,080% o menos;
 - Si: 0,01% o más y 0,10% o menos;
 - 5 Mn: 0,80% o más y 1,80% o menos;
 - Al: más que 0,10% y menos que 0,40%;
 - P: limitado a 0,0100% o menos;
 - S: limitado a 0,0150% o menos;
 - N: limitado a 0,0100% o menos;
 - 10 Nb: 0,005% o más y 0,095% o menos;
 - Ti: 0,005% o más y 0,095% o menos; y
 - opcionalmente uno o dos o más de
 - Mo: 0,005% o más y 1.000% o menos;
 - W: 0,005% o más y 1.000% o menos;
 - 15 V: 0,005% o más y 1.000% o menos;
 - B: 0,0005% o más y 0,0100% o menos;
 - Ni: 0,05% o más y 1,50% o menos;
 - Cu: 0,05% o más y 1,50% o menos;
 - Cr: 0,05% o más y 1,50% o menos; y
 - 20 un resto que consiste en Fe e impurezas inevitables, en donde
 - una cantidad total de Nb y Ti es 0,030% o más y 0,100% o menos,
 - una estructura metalográfica del lámina de acero consiste en ferrita, bainita, y otras fases,
 - las otras fases consisten en una perlita, una austenita residual, y una martensita,
 - una fracción de área de la ferrita es 80% o más y 95% o menos,
 - 25 una fracción de área de la bainita es 5% o más y 20% o menos,
 - una fracción de área total de las otras fases es menor que 3%,
 - un diámetro de círculo equivalente de una cementita en la ferrita es 0,003 μm o más y 0,300 μm o menos,
 - una densidad en número de la cementita en la ferrita es 0,02 partículas/ μm^2 o más y 0,10 partículas/ μm^2 o
 - menos,
 - 30 una resistencia a la tracción es 590 MPa o más, y
 - una relación de resistencia a la fatiga como resistencia a la fatiga y la resistencia a la tracción es 0,45 o más.
2. Una lámina de acero chapada, en la que se proporciona un chapado sobre una superficie de la lámina de acero de acuerdo a la reivindicación 1.
3. Un procedimiento para producir una lámina de acero de acuerdo a la reivindicación 1, comprendiendo el
- 35 procedimiento:
 - calentar una losa que tiene una composición química de acuerdo a la reivindicación 1 hasta 1150°C o superior antes de que una losa es laminada en caliente;
 - terminar el laminado de acabado a una temperatura de $\text{Ar}_3^\circ\text{C}$ o superior;

decapar a lámina de acero laminada en caliente que es enrollada dentro de un intervalo de temperatura de 400°C o superior y 600°C o inferior;

calentar la lámina de acero laminada en caliente dentro de un intervalo de temperatura de 600°C o superior y A_{c1} °C o inferior;

- 5 recocer la lámina de acero laminada en caliente durante un tiempo de retención, en el que la temperatura de la lámina de acero laminada en caliente está dentro del intervalo de temperatura durante 10 segundos o más y 200 segundos o menos;

enfriar la lámina de acero hasta 350°C o superior y 550°C o inferior; y

- 10 enfriar la lámina de acero después de retener la lámina de acero durante un tiempo de retención, en el que la temperatura de la lámina de acero laminada en caliente está dentro de un intervalo de temperatura de 350°C o superior y 550°C o inferior durante 10 segundos o más y 500 segundos o menos,

en donde la A_{r3} °C y la A_{c1} °C son una temperatura de transformación A_{r3} y una temperatura de transformación A_{c1} , respectivamente, obtenidas de las expresiones 1 y 2,

$$A_{r3} = 910 - 325 \times [C] + 33 \times [Si] + 287 \times [P] + 40 \times [Al] + 92 \times ([Mn] + [Mo] + [Cu]) - 46 \times ([Cr] + [Ni]) \dots \text{(Expresión 1),}$$

15
$$A_{c1} = 761,3 + 212 \times [C] - 45,8 \times [Mn] + 16,7 \times [Si] \dots \text{(Expresión 2),}$$

y

los elementos indicados entre paréntesis representan una cantidad de los elementos en % en masa.

4. El procedimiento para producir una lámina de acero de acuerdo a la reivindicación 3, que además comprende:

- 20 llevar a cabo la laminación de ajuste sobre la lámina de acero a una relación de alargamiento de 0,4% o más y 2,0% o menos.

5. Un procedimiento para producir una lámina de acero chapada que comprende:

chapar y después enfriar la lámina de acero después del recocido, el enfriamiento y la retención de acuerdo a la reivindicación 3.

- 25 6. Un procedimiento para producir una lámina de acero chapada que comprende:

chapar y después enfriar la lámina de acero después del recocido, el enfriamiento y la retención de acuerdo a la reivindicación 4.

7. El procedimiento para producir una lámina de acero chapada de acuerdo a la reivindicación 5 o 6, que además comprende:

- 30 llevar a cabo un tratamiento térmico dentro de un intervalo de temperatura de 450°C o superior y 600°C o inferior durante 10 segundos o más y después enfriar la lámina de acero después del chapado.

FIG. 1

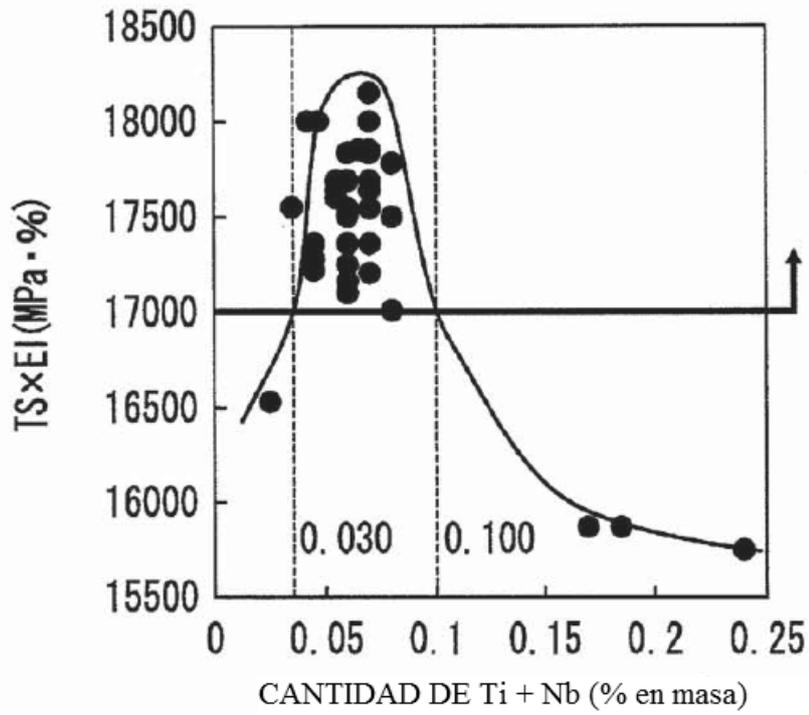


FIG. 2

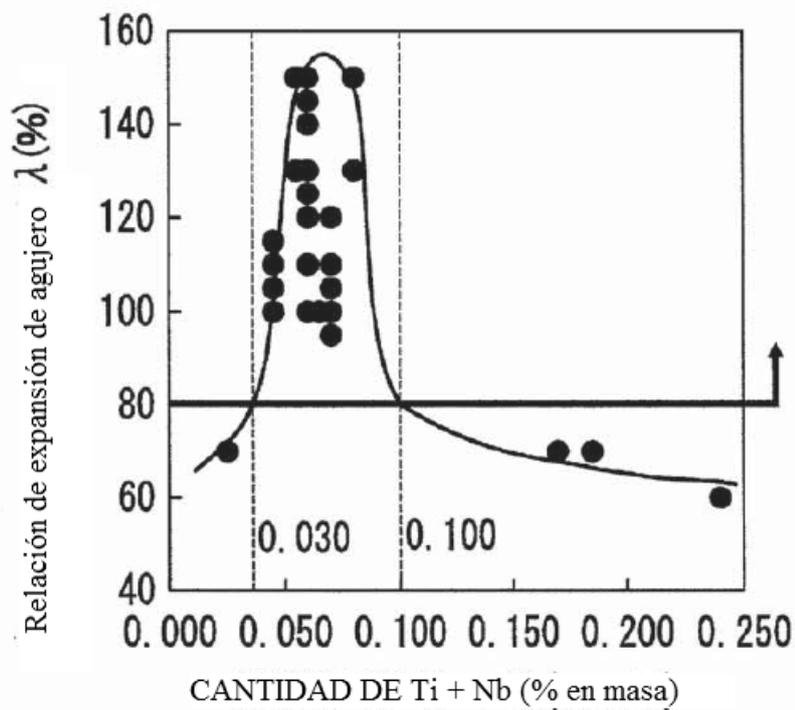


FIG. 3

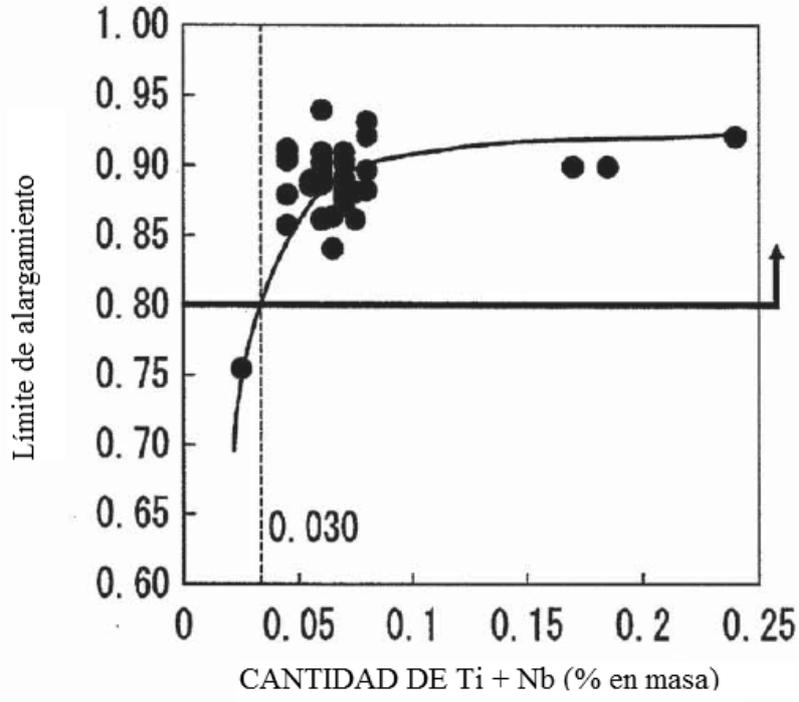


FIG. 4

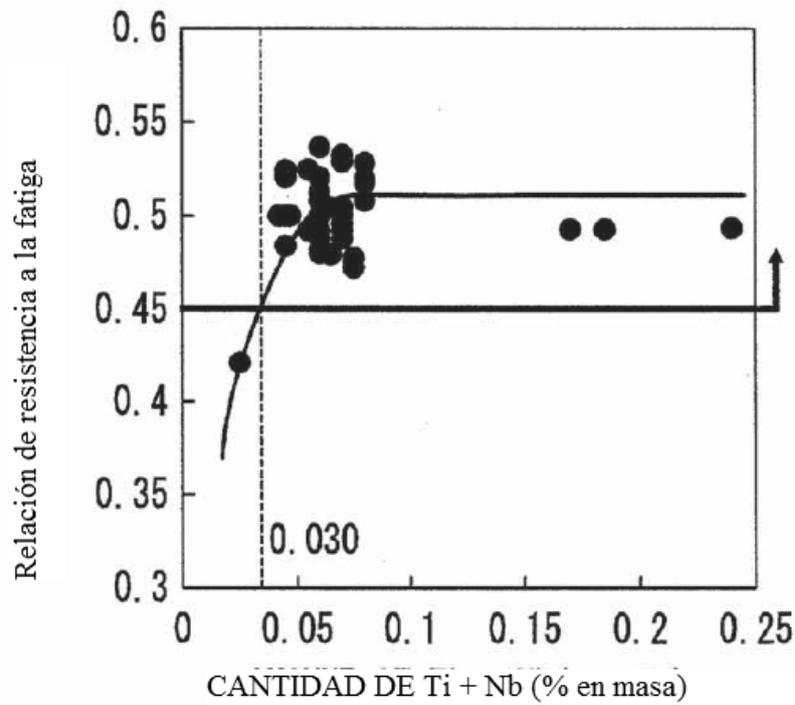


FIG. 5

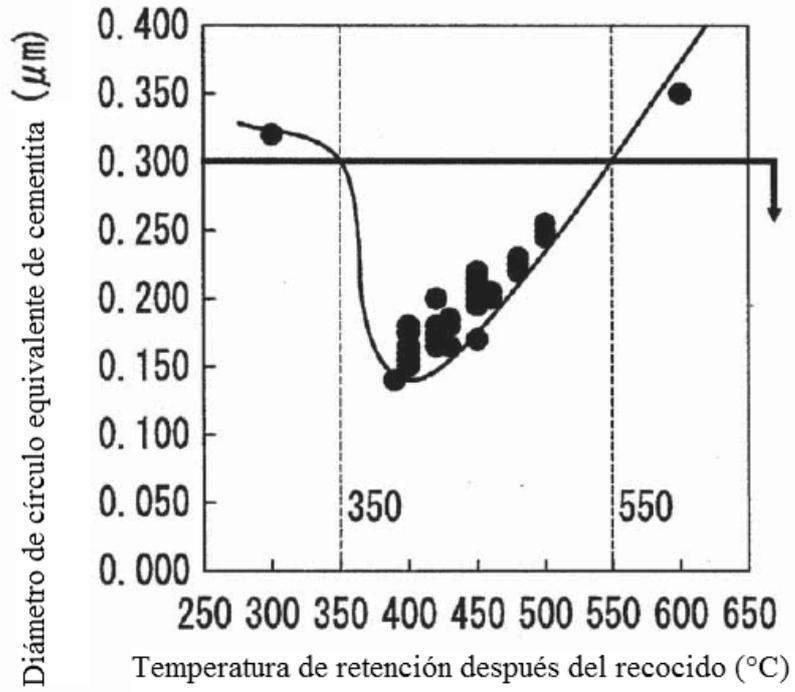


FIG. 6

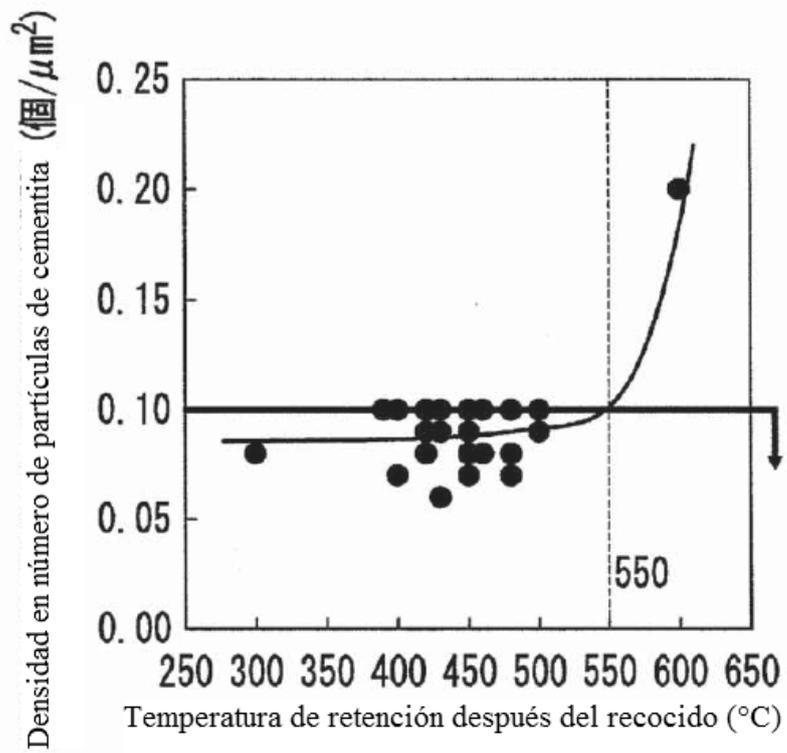


FIG. 7

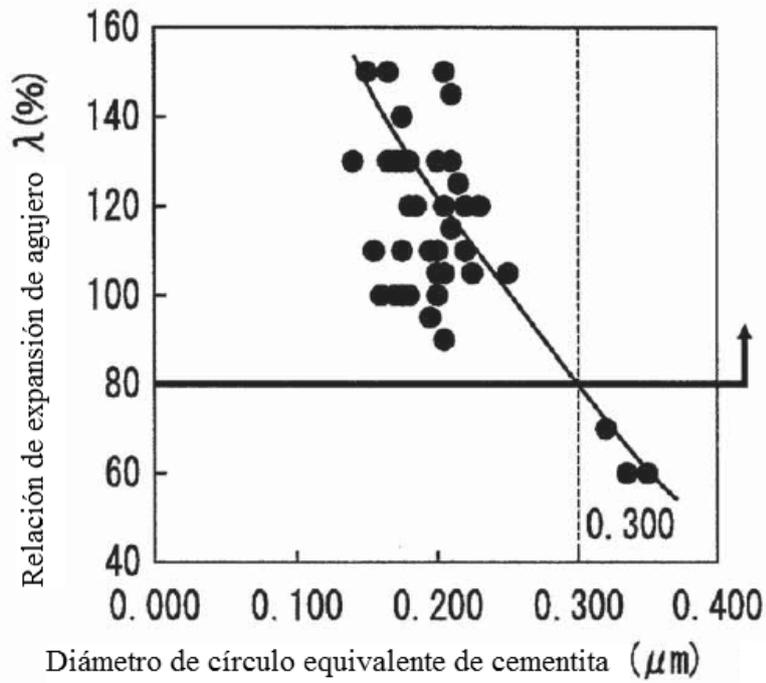


FIG. 8

