

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 699**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/38	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)
C22C 18/00	(2006.01)	C22C 38/16	(2006.01)
C22C 38/60	(2006.01)		
C21D 6/00	(2006.01)		
C21D 8/02	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/08	(2006.01)		
C22C 38/26	(2006.01)		
C22C 38/28	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.05.2016 PCT/JP2016/063660**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2016 WO16178430**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2016 E 16789566 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 3293279**

54 Título: **Placa de acero de alta resistencia y método de producción de la misma**

30 Prioridad:

07.05.2015 JP 2015095157
07.05.2015 JP 2015095158

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

30.09.2020

73 Titular/es:

NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP

72 Inventor/es:

OKAMOTO, RIKI;
ISHIDA, YOSHINARI;
SUWA, YOSHIHIRO y
YOKOYAMA, TAKAFUMI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 784 699 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

Placa de acero de alta resistencia y método de producción de la misma

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una lámina de acero de alta resistencia adecuada para automóviles y a un método de fabricación de la misma.

Antecedentes de la técnica

10 Existe una creciente demanda de reducción del peso de la carrocería del automóvil como medida para mejorar el ahorro de combustible de los automóviles y la reducción de costos mediante la formación integral de componentes, y está en marcha el desarrollo de láminas de acero de alta resistencia con excelente conformabilidad en prensa. Una lámina de acero de doble fase (lámina de acero DP) que incluye ferrita y martensita y una lámina de acero TRIP que utiliza plasticidad inducida por transformación (TRIP) de austenita retenida se conocen como lámina de acero de alta resistencia y excelente conformabilidad en prensa.

15 Sin embargo, en la lámina de acero DP convencional y la lámina de acero TRIP, la mejora de la ductilidad local es limitada, y es difícil fabricar un miembro que tenga una forma complicada y se desee que tenga una alta resistencia. Desde el punto de vista de las propiedades mecánicas, es difícil obtener una buena ductilidad local mientras se obtiene una alta resistencia a la tracción. Como indicadores de ductilidad local, se citan una capacidad de expansión de orificios y una reducción de área. Según un ensayo de expansión de orificios, en una parte conformada de brida elástica y similares, se puede realizar una evaluación cercana a una formación real, pero se evalúa según la característica de la parte de generación de grietas (dirección). Por otra parte, dado que la reducción de área se mide
20 mediante un ensayo de tracción que define la dirección de deformación, es fácil indicar la diferencia cuantitativa de la ductilidad local del material. Por ejemplo, la referencia de patente 1 describe una lámina de acero laminado en caliente de alta resistencia para mejorar la resistencia a la fatiga, pero a veces es difícil fabricar un miembro que tenga una forma complicada con la lámina de acero.

Lista de citas

25 Referencia de patentes

Referencia de patente 1: Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública N.º 2014-173151

Sumario de la invención

Problema técnico

30 Es un objetivo de la presente invención proporcionar una lámina de acero de alta resistencia capaz de mejorar la ductilidad local mientras se asegura una alta resistencia y un método de fabricación de la misma.

Solución al problema

35 Los inventores de la presente invención realizaron estudios diligentes para aclarar la razón por la cual no se puede obtener una excelente ductilidad local en una lámina de acero convencional de alta resistencia. Como resultado, se ha encontrado que, entre los granos de martensita en una lámina de acero convencional de alta resistencia, aquellos en puntos triples de borde de grano tienden a ser orígenes de grietas. Además, también se ha revelado que muchos de los granos de martensita en los puntos triples de borde de grano tienen una forma susceptible a la concentración de tensión.

40 Además, se ha encontrado que los granos de martensita inevitablemente tienen una forma susceptible a la concentración de tensión, dado que la ferrita, la bainita o la perlita, o cualquier combinación de las mismas, crece durante el enfriamiento de una región de fase doble de austenita y ferrita, y se forman granos de martensita entre medias en un método convencional de fabricación de una lámina de acero de alta resistencia.

45 Después, los presentes inventores realizaron estudios intensivos para convertir una forma de granos de martensita en un punto triple de borde de grano en una forma difícil de recibir concentración de tensión. Como resultado, se ha descubierto que es importante preparar una lámina de acero que tenga una microestructura (estructura inicial) en la que la fracción de área y el tamaño de la perlita estén dentro de un intervalo específico y recalentar la lámina de acero en condiciones específicas. Además, para preparar la lámina de acero anterior, también se ha encontrado que es efectivo realizar laminado en caliente en condiciones específicas o recocido en condiciones específicas después del laminado en frío.

50 En base a tales descubrimientos, los inventores de la presente invención han realizado estudios diligentes adicionales y, como resultado, han concebido los siguientes aspectos de la invención.

(1) Una lámina de acero de alta resistencia, que incluye:

una composición química representada por, en % en masa:

C: de 0.03% a 0.35%;

Si: de 0.01% a 2.0%;

Mn: de 0.3% a 4.0%;

5 Al: de 0.01% a 2.0%;

P: 0.10% o menos;

S: 0.05% o menos;

N: 0.010% o menos;

Cr: de 0.0% a 3.0%;

10 Mo: de 0.0% a 1.0%;

Ni: de 0.0% a 3.0%;

Cu: de 0.0% a 3.0%;

Nb: de 0.0% a 0.3%;

Ti: de 0.0% a 0.3%;

15 V: de 0.0% a 0.5%;

B: de 0.0% a 0.1%;

Ca: de 0.00% a 0.01%;

Mg: de 0.00% a 0.01%;

Zr: de 0.00% a 0.01%;

20 REM: de 0.00% a 0.01%; y

el resto: Fe e impurezas, y

una microestructura representada por, en % en área,

martensita: 5% o más;

ferrita: 20% o más; y

25 perlita: 5% o menos,

en la que

un diámetro medio de grano de martensita es de 4 μm o menos de diámetro del círculo equivalente,

una relación entre el número de granos de martensita de tipo abultado y el número de granos de martensita en los puntos triples de borde de grano de una matriz es 70% o más,

30 en la que:

el grano de martensita de tipo abultado está en uno de los puntos triples de borde de grano de la matriz;

y

35 por lo menos uno de los bordes de grano del grano de martensita de tipo abultado, los bordes de grano que conectan dos puntos triples de borde de grano adyacentes del grano de martensita de tipo abultado y los granos de la matriz, tienen una curvatura convexa hacia un lado exterior con respecto a los segmentos de línea que conectan los dos puntos triples de borde de grano adyacentes, y

una relación de área representada por $VM/A0$ es 1.0 o más, en la que:

VM denota un área total de los granos de martensita en los puntos triples de borde de grano de la matriz; y

A0 denota un área total de polígonos compuestos por los segmentos de línea que conectan dos puntos triples adyacentes de borde de grano de los granos de martensita.

5 (2) La lámina de acero de alta resistencia según (1), en la que un diámetro medio D_s de ferrita en una porción de capa superficial desde una superficie de la lámina de acero de alta resistencia hasta una profundidad $4 \times D_0$ no es más del doble de un diámetro medio D_0 , en la que el diámetro medio D_0 es un diámetro medio de ferrita en una región donde una profundidad desde la superficie de la lámina de acero de alta resistencia es 1/4 de un grosor de la lámina de acero de alta resistencia.

(3) La lámina de acero de alta resistencia según (1) o (2), en la que una fracción de área de ferrita no recristalizada es del 10% o menos en la microestructura.

10 (4) La lámina de acero de alta resistencia según uno cualquiera de (1) a (3), en la que, en la composición química, se satisface

Cr: de 0.05% a 3.0%,

Mo: de 0.05% a 1.0%,

Ni: de 0.05% a 3.0%, o

15 Cu: de 0.05% a 3.0%,

o cualquier combinación de los mismos.

(5) La lámina de acero de alta resistencia según uno cualquiera de (1) a (4), en la que, en la composición química, se satisface

Nb: de 0.005% a 0.3%,

20 Ti: de 0.005% a 0.3%, o

V: de 0.01% a 0.5%,

o cualquier combinación de los mismos.

(6) La lámina de acero de alta resistencia según uno cualquiera de (1) a (5), en la que, en la composición química, se satisface B: de 0.0001% a 0.1%.

25 (7) La lámina de acero de alta resistencia según uno cualquiera de (1) a (6), en la que, en la composición química, se satisface

Ca: de 0.0005% a 0.01%,

Mg: de 0.0005% a 0.01%,

Zr: de 0.0005% a 0.01%, o

30 REM: de 0.0005% a 0.01%,

o cualquier combinación de los mismos.

(8) Un método para fabricar una lámina de acero de alta resistencia, que incluye las etapas de:

preparar una lámina de acero;

35 recalentar la lámina de acero a una primera temperatura de 770 °C a 820 °C a una velocidad media de calentamiento de 3 °C/s a 120 °C/s; y

a continuación, enfriar la lámina de acero a una segunda temperatura de 300 °C o menos a una velocidad media de enfriamiento de 60 °C/s o más,

en el que

40 una fracción de área de perlita es de 10% o menos, una fracción de área de ferrita no recristalizada es de 10% o menos, y un diámetro medio de grano de perlita es de 10 μm o menos en la lámina de acero,

un diámetro medio D_s de ferrita en una porción de capa superficial desde una superficie de la lámina de acero a una profundidad $4 \times D_0$ no es más del doble de un diámetro promedio D_0 , en donde el diámetro promedio D_0 es un diámetro medio de ferrita en una región donde la profundidad desde la superficie de la lámina de acero es 1/4 de un grosor de la lámina de acero,

ES 2 784 699 T3

el enfriamiento a la segunda temperatura se inicia en 8 segundos una vez que la temperatura de la lámina de acero llega a la primera temperatura, y

la lámina de acero incluye una composición química representada por, en % en masa:

C: de 0.03% a 0.35%;

5 Si: de 0.01% a 2.0%;

Mn: de 0.3% a 4.0%;

Al: de 0.01% a 2.0%;

P: 0.10% o menos;

S: 0.05% o menos;

10 N: 0.010% o menos;

Cr: de 0.0% a 3.0%;

Mo: de 0.0% a 1.0%;

Ni: de 0.0% a 3.0%;

Cu: de 0.0% a 3.0%;

15 Nb: de 0.0% a 0.3%;

Ti: de 0.0% a 0.3%;

V: de 0.0% a 0.5%;

B: de 0.0% a 0.1%;

Ca: de 0.00% a 0.01%;

20 Mg: de 0.00% a 0.01%;

Zr: de 0.00% a 0.01%;

REM: de 0.00% a 0.01%; y

el resto: Fe e impurezas.

25 (9) El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según (8), en el que la etapa de preparar la lámina de acero incluye la etapa de laminado en caliente y enfriamiento de un planchón.

(10) El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según (9), en el que

una temperatura de laminado es de "punto Ar3 + 10 °C" a 1000 °C, y un porcentaje de reducción total es 15% o más en las dos últimas cajas de laminado de acabado en el laminado en caliente,

y

30 una temperatura de parada del enfriamiento es de 550 °C o inferior del enfriamiento en la etapa de preparación de la lámina de acero.

(11) El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según (8), en el que la etapa de preparar la lámina de acero incluye las etapas de:

laminado en caliente de un planchón para obtener una lámina de acero laminado en caliente; y

35 laminado en frío, recocido y enfriamiento de la lámina de acero laminado en caliente.

(12) El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según (11), en el que

un porcentaje de reducción en el laminado en frío es del 30% o más,

una temperatura del recocido es de 730 °C a 900 °C,

y

una velocidad media de enfriamiento desde la temperatura del recocido hasta 600 °C es de 1.0 °C/s a 20 °C/segundo en el enfriamiento en la etapa de preparación de la lámina de acero.

(13) El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según cualquiera de (8) a (12), en el que, en la composición química, se satisface

- 5 Cr: de 0.05% a 3.0%,
Mo: de 0.05% a 1.0%,
Ni: de 0.05% a 3.0%, o
Cu: de 0.05% a 3.0%,
o cualquier combinación de los mismos.

10 (14) El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según cualquiera de (8) a (13), en el que, en la composición química, se satisface

- Nb: de 0.005% a 0.3%,
Ti: de 0.005% a 0.3%, o
V: de 0.01% a 0.5%,

15 o cualquier combinación de los mismos.

(15) El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según cualquiera de (8) a (14), en el que, en la composición química, se satisface B: de 0.0001% a 0.1%.

(16) El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según cualquiera de (8) a (15), en el que, en la composición química, se satisface

- 20 Ca: de 0.0005% a 0.01%,
Mg: de 0.0005% a 0.01%,
Zr: de 0.0005% a 0.01%, o
REM: de 0.0005% a 0.01%,
o cualquier combinación de los mismos.

25 **Efectos ventajosos de la invención**

Según la presente invención, dado que la forma del grano de martensita es apropiada, es posible mejorar la ductilidad local mientras se asegura una alta resistencia.

Breve descripción de los dibujos

[Fig. 1A] La Fig. 1A es una vista que ilustra un ejemplo de una forma de un grano de martensita;

30 [Fig. 1B] La Fig. 1B es una vista que ilustra otro ejemplo de una forma de un grano de martensita;

[Fig. 2] La Fig. 2 es una vista que ilustra los sitios de formación de granos de martensita;

[Fig. 3] La Fig. 3 es una vista que ilustra varias formas de granos de martensita;

[Fig. 4A] La Fig. 4A es una vista que ilustra un ejemplo de una relación entre un área de un grano de martensita y un área de un polígono;

35 [Fig. 4B] La Fig. 4B es una vista que ilustra otro ejemplo de una relación entre un área de un grano de martensita y un área de un polígono;

[Fig. 4C] La Fig. 4C es una vista que ilustra otro ejemplo más de una relación entre un área de un grano de martensita y un área de un polígono;

[Fig. 5] La Fig. 5 es un diagrama que ilustra una relación de inclusión de granos de martensita;

40 [Fig. 6A] La Fig. 6A es una vista que ilustra un cambio en la microestructura;

[Fig. 6B] La Fig. 6B es una vista que ilustra un cambio en la microestructura subsecuente a la Fig. 6A;

[Fig. 6C] La Fig. 6C es una vista que ilustra un cambio en la microestructura subsecuente a la Fig. 6B;

[Fig. 7] La Fig. 7 es un diagrama que ilustra una relación entre la resistencia a la tracción y la elongación en un primer experimento;

5 [Fig. 8] La Fig. 8 es un diagrama que ilustra una relación entre la resistencia a la tracción y la reducción de área en el primer experimento;

[Fig. 9] La Fig. 9 es un diagrama que ilustra una relación entre la resistencia a la tracción y la elongación en un segundo experimento; y

[Fig. 10] La Fig. 10 es un diagrama que ilustra una relación entre la resistencia a la tracción y la reducción de área en el segundo experimento.

10 Descripción de realizaciones

Los presentes inventores observaron microestructuras de láminas de acero de alta resistencia fabricadas por enfriamiento con una mesa de salida después del laminado en caliente y microestructuras de láminas de acero de alta resistencia fabricadas por recocido después del laminado en frío (en lo sucesivo, a veces denominado "recocido de láminas laminadas en frío"). Como resultado de la observación, como se ilustra en la Fig. 1A, se ha revelado que los granos 111, 112 y 113 de ferrita, bainita o perlita han crecido para expandirse hacia afuera y que se forma un grano 110 de martensita en el punto triple de borde de grano en muchos campos de visión. En esta microestructura, un borde de grano B1 entre el grano 110 de martensita y el grano 111 está abultado hacia el lado del grano 110 de martensita con respecto a un segmento de línea L1 que conecta un punto triple de borde de grano T31 del grano 110 de martensita, el grano 113 y el grano 111, y un punto triple de borde de grano T12 del grano 110 de martensita, el grano 111 y el grano 112, cuando se ve desde el grano 110 de martensita. Un borde de grano B2 entre el grano 110 de martensita y el grano 112 está abultado hacia el lado 110 del grano de martensita con respecto a un segmento de línea L2 que conecta el punto triple de borde de grano T12 y un punto triple de borde de grano T23 del grano 110 de martensita, el grano 112 y el grano 113. Un borde de grano B3 entre el grano 110 de martensita y el grano 113 está abultado hacia el lado del grano 110 de martensita con respecto a un segmento de línea L3 que conecta el punto triple de borde de grano T23 y el punto triple de borde de grano T31. En una lámina de acero de alta resistencia que tiene una microestructura de este tipo, los bordes de grano del grano 110 de martensita están hundidos, la tensión tiende a concentrarse cerca de los puntos triples de borde de grano T12, T23 y T31, y es probable que se produzcan grietas en estas regiones. Por esta razón, es difícil obtener una excelente ductilidad local.

30 Se considera que la razón para obtener tal microestructura es que los granos de ferrita o similares crecen y se expanden hacia afuera durante el enfriamiento después de la laminado en caliente en una mesa de salida o el enfriamiento después del recocido de la lámina laminada en frío, y se genera martensita en el área restante a partir de entonces.

Como resultado de una investigación intensiva por parte de los presentes inventores sobre la microestructura capaz de obtener una ductilidad local excelente con referencia a los resultados de observación descritos anteriormente, se ha encontrado que una microestructura como se ilustra en la Fig. 1B es adecuada para mejorar la ductilidad local. Es decir, se ha encontrado que es preferible una microestructura en la que un grano 210 de martensita sobresale hacia afuera y está rodeado por los granos 211, 212 y 213 de una matriz tal como ferrita. En esta microestructura, un borde de grano B1 entre el grano 210 de martensita y el grano 211 está abultado hacia el lado del grano 211 con un segmento de línea L1 que conecta un punto triple de borde de grano T31 del grano 210 de martensita, el grano 213 y el grano 211, y un punto triple de borde de grano T12 del grano de martensita 210, el grano 211 y el grano 212, cuando se ve desde el grano de martensita 210. Un borde de grano B2 entre el grano de martensita 210 y el grano 212 está abultado hacia el lado del grano 212 con respecto a un segmento de línea L2 que conecta el punto triple de borde de grano T12 y el punto triple de borde de grano T23 del grano 210 de martensita, el grano 212 y el grano 213, cuando se ve desde el grano 210 de martensita. Un borde de grano B3 entre el grano de martensita 210 y el grano 213 está abultado hacia el lado del grano 213 con respecto a un segmento de línea L3 que conecta el punto triple de borde de grano T23 y el punto triple de borde de grano T31, cuando se ve desde el grano 210 de martensita. En una lámina de acero de alta resistencia que tiene una microestructura de este tipo, los bordes de grano del grano de martensita 210 están abultados hacia afuera, la tensión apenas se concentra cerca de los puntos triples de borde de grano T12, T23 y T31, y se puede obtener excelente ductilidad local. Una lámina de acero de alta resistencia que tiene una microestructura de este tipo se puede fabricar mediante un método descrito más adelante.

De aquí en adelante, se describirán realizaciones de la presente invención.

Primero, se describirán las composiciones químicas de la lámina de acero de alta resistencia según la realización de la presente invención y un acero usado para fabricar la lámina de acero de alta resistencia. Aunque los detalles se describirán más adelante, la lámina de acero de alta resistencia según la realización de la presente invención se fabrica mediante laminado en caliente, enfriamiento y recalentamiento o mediante laminado en caliente, laminado en frío, recocido de láminas laminadas en frío, enfriamiento y tratamiento térmico. En consecuencia, las composiciones químicas de la lámina de acero de alta resistencia y el acero son una en consideración de no solo características de

la lámina de acero de alta resistencia sino también del procesado antes mencionado. En la siguiente descripción, "%" que es una unidad de contenido de cada elemento contenido en la lámina de acero de alta resistencia y el acero quiere decir "% en masa" a menos que se especifique lo contrario. La lámina de acero de alta resistencia según la presente realización y el acero usado para la fabricación de la misma contienen, en % masa, C: de 0.03% a 0.35%, Si: de 0.01% a 2.0%, Mn: de 0.3% a 4.0%, Al: de 0.01% a 2.0%, P: 0.10% o menos, S: 0.05% o menos, N: 0.010% o menos, Cr: de 0.0% a 3.0%, Mo: de 0.0% a 1.0%, Ni: de 0.0% a 3.0%, Cu: de 0.0% a 3.0%, Nb: de 0.0% a 0.3%, Ti: de 0.0% a 0.3%, V: de 0.0% a 0.5%, B: de 0.0% a 0.1%, Ca: de 0.00% a 0.01%, Mg: de 0.00% a 0.01%, Zr: de 0.00% a 0.01%, metales de tierras raras (REM): de 0.00% a 0.01%, y el resto: Fe e impurezas. Los ejemplos de las impurezas incluyen una contenida en materias primas tales como mineral y chatarra, y una contenida durante un procedimiento de fabricación. El Sn y As pueden ser ejemplos de impurezas.

(C: de 0.03% a 0.35%)

El C contribuye a la mejora de la resistencia mediante el fortalecimiento de la martensita. Cuando un contenido de C es inferior al 0.03%, no se puede obtener resistencia suficiente, por ejemplo, resistencia a la tracción de 500 N/mm² o más. Por lo tanto, el contenido de C es 0.03% o más. Por otra parte, cuando el contenido de C excede de 0.35%, la fracción de área y el tamaño de la perlita en la estructura inicial después del laminado en caliente y el enfriamiento se incrementan, la fracción de área de la perlita y la cementita en forma de isla en una microestructura después del recalentamiento se incrementa, y por lo tanto no se puede obtener suficiente ductilidad local. Por lo tanto, el contenido de C es 0.35% o menos. El contenido de C es preferentemente 0.25% o menos para obtener una ductilidad local más alta, y el contenido de C es preferentemente 0.1% o menos para obtener una capacidad de expansión de orificios más excelente.

(Si: de 0.01% a 2.0%)

El Si es un elemento formador de ferrita y promueve la formación de ferrita en el enfriamiento después del laminado en caliente. El Si también contribuye a mejorar la trabajabilidad al suprimir la generación de carburos nocivos y contribuye a mejorar la resistencia mediante el fortalecimiento de la disolución sólida. Cuando un contenido de Si es menos de 0.01%, estos efectos no se pueden obtener suficientemente. Por lo tanto, el contenido de Si es 0.01% o más. Cuando el contenido de Si es menos de 0.1%, el contenido de Si es preferentemente 0.3% o más. Por otra parte, cuando el contenido de Si excede de 2.0%, la propiedad de conversión química y la capacidad de soldadura por puntos se deterioran. Por lo tanto, el contenido de Si es 2.0% o menos.

(Mn: de 0.3% a 4.0%)

El Mn contribuye a la mejora de la resistencia. Cuando un contenido de Mn es menos de 0.3%, no se puede obtener suficiente resistencia. Por lo tanto, el contenido de Mn es 0.3% o más. Por otra parte, cuando el contenido de Mn excede de 4.0%, es probable que ocurra microsegregación y macrosegregación, y la ductilidad local y la capacidad de expansión de orificios se deterioran. Por lo tanto, el contenido de Mn es 4.0% o menos.

(Al: de 0.01% a 2.0%)

El Al actúa como un desoxidante. Cuando un contenido de Al es menos de 0.01%, el oxígeno puede no estar suficientemente excluido en algunos casos. Por lo tanto, el contenido de Al es 0.01% o más. Al igual que el Si, el Al promueve la formación de ferrita y suprime la formación de carburos nocivos y contribuye a la mejora de la trabajabilidad. Además, el Al no afecta a la propiedad de conversión química tanto como el Si. Por lo tanto, el Al es útil para la compatibilidad de la ductilidad y la propiedad de conversión química. Sin embargo, cuando el contenido de Al excede de 2.0%, el efecto de mejorar la ductilidad se satura y la propiedad de conversión química y la capacidad de soldadura por puntos se pueden deteriorar. Por lo tanto, el contenido de Al es 2.0% o menos. El contenido de Al es preferentemente 1.0% o menos para obtener una propiedad de conversión química más excelente.

(P: 0.10% o menos)

El P no es un elemento esencial, y está contenido como una impureza en el acero, por ejemplo. Dado que el P deteriora la soldabilidad, la trabajabilidad y la tenacidad, es preferible un contenido de P más bajo. En particular, cuando el contenido de P excede de 0.10%, la soldabilidad, la trabajabilidad y la tenacidad se deterioran notablemente. Por lo tanto, el contenido de P es 0.10% o menos. El contenido de P es preferentemente 0.03% o menos para obtener una mejor trabajabilidad. Es costoso disminuir el contenido de P, y para disminuir el contenido de P a menos del 0.001%, el coste se incrementa notablemente. De este modo, el contenido de P puede ser 0.001% o más. El P puede mejorar la resistencia a la corrosión cuando el Cu está contenido.

(S: 0.05% o menos)

El S no es un elemento esencial, y está contenido como una impureza en el acero, por ejemplo. Dado que el S forma un sulfuro tal como el MnS, y el sulfuro sirve como origen del agrietamiento, y reduce la ductilidad local y la capacidad de expansión de orificios, es más preferible un contenido de S más bajo. En particular, cuando el contenido de S excede de 0.05%, la ductilidad local y la propiedad de expansión de orificios se deterioran

notablemente. Por lo tanto, el contenido de S es 0.05% o menos. Es costoso disminuir el contenido de S, y para disminuir el contenido de S a menos de 0.0005%, el coste se incrementa notablemente. De este modo, el contenido de S puede ser 0.0005% o más.

(N: 0.010% o menos)

- 5 El N no es un elemento esencial, y está contenido como una impureza en el acero, por ejemplo. El N causa líneas de deformación y deteriora la trabajabilidad. Cuando están contenidos Ti y Nb, el N forma (Ti, Nb)N y el precipitado sirve como origen de agrietamiento. El N puede causar rugosidad en la cara del extremo al perforar y deteriora en gran medida la ductilidad local. Por lo tanto, un contenido de N más bajo es más preferible. En particular, cuando el contenido de N excede de 0.010%, el fenómeno anterior es notable. Por lo tanto, el contenido de N es 0.010% o menos. Es costoso disminuir el contenido de N, y para disminuir el contenido de N a menos de 0.0005%, el coste se incrementa notablemente. Por lo tanto, el contenido de N puede ser 0.0005% o más.

El Cr, Mo, Ni, Cu, Nb, Ti, V, B, Ca, Mg, Zr y REM no son elementos esenciales y son elementos arbitrarios que pueden estar contenidos apropiadamente en la lámina de acero y el acero en la medida de una cantidad específica.

(Cr: de 0.0% a 3.0%, Mo: de 0.0% a 1.0%, Ni: de 0.0% a 3.0%, Cu: de 0.0% a 3.0%)

- 15 El Cu contribuye a la mejora de la resistencia. El Cu mejora la resistencia a la corrosión cuando el P está contenido. Por lo tanto, el Cu puede estar contenido. Para obtener estos efectos suficientemente, un contenido de Cu es preferentemente 0.05% o más. Por otra parte, cuando el contenido de Cu excede de 3.0%, la templabilidad es excesiva y la ductilidad disminuye. Por lo tanto, el contenido de Cu es 3.0% o menos. El Ni facilita la formación de martensita mediante la mejora de la templabilidad. El Ni contribuye a la supresión del agrietamiento en caliente que es probable que ocurra cuando el Cu está contenido. Por lo tanto, el Ni puede estar contenido. Para obtener estos efectos suficientemente, un contenido de Ni es preferentemente 0.05% o más. Por otra parte, cuando el contenido de Ni excede de 3.0%, la templabilidad es excesiva y la ductilidad disminuye. Por lo tanto, el contenido de Ni es 3.0% o menos. El Mo suprime la formación de cementita y suprime la formación de perlita en la estructura inicial. El Mo también es efectivo para formar granos de martensita en el recalentamiento. Por lo tanto, el Mo puede estar contenido. Para obtener estos efectos suficientemente, un contenido de Mo es preferentemente 0.05% o más. Por otra parte, cuando el contenido de Mo excede de 1.0%, la ductilidad disminuye. Por lo tanto, el contenido de Mo es 1.0% o menos. Al igual que Cr, el Cr suprime la formación de cementita y suprime la formación de perlita en la estructura inicial. Por lo tanto, el Cr puede estar contenido. Para obtener este efecto suficientemente, un contenido de Cr es preferentemente 0.05% o más. Por otra parte, cuando el contenido de Cr excede de 3.0%, la ductilidad disminuye. Por lo tanto, el contenido de Cr es 3.0% o menos.

De lo anterior, se entiende que se satisface preferentemente "Cr: de 0.05% a 3.0%", "Mo: de 0.05% a 1.0%", "Ni: de 0.05% a 3.0%", o "Cu: de 0.05% a 3.0%", o cualquier combinación de los mismos.

(Nb: de 0.0% a 0.3%, Ti: de 0.0% a 0.3%, V: de 0.0% a 0.5%)

- 35 El Nb, Ti y V contribuyen a la mejora de la resistencia al formar carburos. En consecuencia, pueden contener Nb, Ti o V, o cualquier combinación de los mismos. Para obtener este efecto suficientemente, un contenido de Nb es preferentemente 0.005% o más, un contenido de Ti es preferentemente 0.005% o más, y un contenido de V es preferentemente 0.01% o más. Por otra parte, cuando el contenido de Nb excede de 0.3%, el contenido de Ti excede de 0.3%, o el contenido de V excede de 0.5%, el fortalecimiento por precipitación es excesivo y la trabajabilidad se deteriora. Por lo tanto, el contenido de Nb es 0.3% o menos, el contenido de Ti es 0.3% o menos y el contenido de V es 0.5% o menos.

De lo anterior, se entiende que se satisface preferentemente "Nb: de 0.005% a 0.3%", "Ti: de 0.005% a 0.3%", o "V: de 0.01% a 0.5%", o cualquier combinación de los mismos.

(B: de 0.0% a 0.1%)

- 45 El B contribuye a la mejora de la resistencia. Por lo tanto, el B puede estar contenido. Para obtener este efecto suficientemente, un contenido de B es preferentemente 0.0001% o más. Por otra parte, cuando el contenido de B excede de 0.1%, la templabilidad es excesiva y la ductilidad disminuye. Por lo tanto, el contenido de B es 0.1% o menos.

(Ca: de 0.00% a 0.01%, Mg: de 0.00% a 0.01%, Zr: de 0.00% a 0.01%, REM: de 0.00% a 0.01%)

- 50 El Ca, Mg, Zr y REM controlan la forma de las inclusiones basadas en sulfuro y son efectivos para mejorar la ductilidad local. De este modo, el Ca, Mg, Zr o REM, o cualquier combinación de los mismos pueden estar contenidos. Para obtener este efecto suficientemente, un contenido de Ca es preferentemente 0.0005% o más, el contenido de Mg es preferentemente 0.0005% o más, el contenido de Zr es preferentemente 0.0005% o más, el contenido de REM es preferentemente 0.0005% o más. Por otra parte, cuando el contenido de Ca excede de 0.01%, el contenido de Mg excede de 0.01%, el contenido de Zr excede de 0.01%, el contenido de REM excede de 0.01%,

la ductilidad y la ductilidad local se deterioran. Por lo tanto, el contenido de Ca es 0.01% o menos, el contenido de Mg es 0.01% o menos, el contenido de Zr es 0.01% o menos y el contenido de REM es 0.01% o menos.

De lo anterior, se entiende que se satisface preferentemente "Ca: de 0.0005% a 0.01%", "Mg: de 0.0005% a 0.01%", "Zr: de 0.0005% a 0.01%", o "REM: de 0.0005% a 0.01%", o cualquier combinación de los mismos.

- 5 El REM (metal de tierras raras) indica elementos de 17 tipos en total de Sc, Y y lantanoideos, y un "contenido de REM" quiere decir un contenido total de estos elementos de 17 tipos. El lantanoide se añade industrialmente como una forma de mischmetal, por ejemplo.

10 A continuación, se describirá la microestructura de la lámina de acero de alta resistencia según la realización de la presente invención. En la siguiente descripción, "%" que es una unidad de fase o estructura contenida en la lámina de acero de alta resistencia quiere decir "% de área" a menos que se especifique lo contrario. La lámina de acero de alta resistencia según la realización de la presente invención incluye una microestructura representada, en % de área, martensita: 5% o más, ferrita: 20% o más, y perlita: 5% o menos.

(Martensita: 5% o más)

15 La martensita contribuye a la mejora de la resistencia en un acero de doble fase (acero DP). Cuando una fracción de área de martensita es menos de 5%, no se puede obtener resistencia suficiente, por ejemplo, resistencia a la tracción de 500 N/mm² o más. Por lo tanto, la fracción de área de martensita es 5% o más. La fracción de área de martensita es preferentemente 10% o más para obtener una resistencia superior. Por otra parte, cuando la fracción de área de martensita excede de 60%, no se puede obtener suficiente elongación en algunos casos.

Por lo tanto, la fracción de área de martensita es preferentemente no más de 60%.

20 (Ferrita: 20% o más)

La ferrita contribuye a la mejora de la elongación en un acero DP. Cuando una fracción de área de ferrita es 20% o menos, no se puede obtener una elongación suficiente. Por lo tanto, la fracción de área de ferrita es 20% o más. La fracción de área de ferrita es preferentemente 30% o más para obtener una mejor elongación.

(Perlita: 5% o menos)

25 La perlita no es esencial, y se puede formar en el procedimiento de fabricación de lámina de acero de alta resistencia. Dado que la perlita reduce la elongación y la capacidad de expansión de orificios de un acero DP, es preferible una fracción de área de perlita más baja. En particular, cuando la fracción de área de perlita excede de 5%, la reducción de la elongación y la capacidad de expansión de orificios son notables. Por lo tanto, la fracción de área de perlita es 5% o menos.

30 El resto de la microestructura es, por ejemplo, bainita o austenita retenida o ambas.

Aquí, la configuración de martensita se describirá en detalle. En la presente realización, un diámetro medio de martensita es de 4 μm o menos de diámetro del círculo equivalente, una relación de un número de granos de martensita de tipo abultado a un número de granos de martensita en puntos triples de borde de grano de una matriz es 70% o más, y una relación de área particular de 1.0 o más.

35 (Diámetro medio de martensita: 4 μm o menos de diámetro del círculo equivalente)

Cuando un diámetro medio de martensita tiene más de 4 μm de diámetro del círculo equivalente, la tensión tiende a concentrarse en la martensita y es probable que se produzcan grietas. Por lo tanto, el diámetro medio de la martensita es de 4 μm o menos de diámetro del círculo equivalente. Para obtener una mejor conformabilidad, el diámetro medio de martensita es preferentemente de 3 μm o menos de diámetro del círculo equivalente.

40 (Relación de un número de granos de martensita de tipo abultado a un número de granos de martensita en puntos triples de borde de grano de una matriz: 70% o más)

45 Un grano de martensita de tipo abultado es uno de los granos de martensita entre los granos de martensita en los puntos triples de borde de grano de una matriz. El grano de martensita de tipo abultado está en uno de los puntos triples de borde de grano de la matriz, y por lo menos uno de cuyos bordes de grano del grano de martensita de tipo abultado, los bordes de grano que conectan dos puntos triples de borde de grano adyacentes del grano de martensita de tipo abultado y los granos de la matriz tienen una curvatura convexa hacia un lado exterior con respecto a los segmentos de línea que conectan los dos puntos triples adyacentes de borde de grano. Como se ilustra en la Fig. 2, un grano de martensita 301 en un punto triple de borde de grano de una matriz y un grano de martensita 302 en un borde de grano entre dos granos de la matriz están incluidos en una lámina de acero de alta resistencia, y el grano de martensita de tipo abultado pertenece al grano de martensita 301. Los granos de martensita en el punto triple de borde de grano incluyen un grano de martensita 303 compuesto por la combinación de dos o más granos de martensita en los puntos triples de borde de grano. Sin embargo, el grano de martensita 303 no está "en uno de los puntos triples de borde de grano de la matriz", de modo que no pertenece al grano de

martensita de tipo abultado. Entre los seis granos de martensita ilustrados en la Fig. 3, los granos de martensita 401, 402, 403 y 404 pertenecen al grano de martensita de tipo abultado, dado que por lo menos uno de los bordes de grano de cada uno de los granos, los bordes de grano que conectan dos puntos triples de borde de grano adyacentes del grano de martensita y los granos de la matriz, tiene una curvatura convexa hacia un lado exterior con respecto a los segmentos de línea que conectan los dos puntos triples de borde de grano adyacentes. Por otra parte, los granos de martensita 405 y 406 no pertenecen al grano de martensita de tipo abultado, dado que todos los bordes de grano de cada uno de los granos, los bordes de grano que conectan dos puntos triples de borde de grano adyacentes del grano de martensita y los granos de matriz, no tienen una curvatura convexa hacia un lado exterior con respecto a los segmentos de línea que conectan los dos puntos triples de borde de grano adyacentes.

Cuanto mayor sea la proporción del número de granos de martensita de tipo abultado, menor es la concentración de tensión y se puede obtener una excelente ductilidad local. Cuando la relación entre el número de granos de martensita de tipo abultado y el número de granos de martensita en los puntos triples de borde de grano de la matriz es menos de 70%, la proporción de granos de martensita que probablemente causen concentración de tensión es alta y no se puede obtener excelente ductilidad local. Por lo tanto, la relación entre el número de granos de martensita de tipo abultado y el número de granos de martensita en los puntos triples de borde de grano de la matriz es 70% o más.

(Relación de área particular: 1.0 o más)

Los granos de martensita de tipo abultado pueden incluir aquellos en los que una proporción de porciones convexas que tienen curvatura convexa hacia afuera con respecto a un segmento lineal es mayor o igual que una proporción de porciones cóncavas que tienen curvatura convexa hacia adentro, y los otros n.^o Los anteriores tienen más probabilidades de contribuir a la mejora de la ductilidad local que los últimos, y cuanto mayor es la fracción de área de los últimos, menor es la ductilidad local. En cuanto al grano de martensita de tipo abultado anterior, como se ilustra en la Fig. 4A, un área VM1 del grano de martensita de tipo abultado es igual o mayor que un área A01 de un polígono compuesto por los segmentos de línea que conectan dos puntos triples de borde de grano adyacentes del grano de martensita de tipo abultado. Por otra parte, en cuanto al último grano de martensita de tipo abultado, como se ilustra en la Fig. 4B, un área VM2 del grano de martensita abultado es más pequeña que un área A02 de un polígono que está compuesto por los segmentos de línea que conectan dos puntos triples de borde de grano adyacentes del grano de martensita abultado. Además, aunque no pertenece al grano de martensita de tipo abultado, como para los granos de martensita en puntos triples de borde de grano plurales de la matriz como el grano de martensita 303 en la Fig. 2, como se ilustra en la Fig. 4C, un área VM3 del grano de martensita a veces es más pequeña que un área A03 de un polígono que está compuesto por los segmentos de línea que conectan dos puntos triples de borde de grano adyacentes del grano de martensita. Cuando una relación de área representada por VM/A0 es inferior a 1.0, es difícil obtener suficiente ductilidad local incluso si el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado es 70% o más. Aquí, VM denota un área total de una pluralidad de, por ejemplo, 200 o más granos de martensita en puntos triples de borde de grano, y A0 denota un área total de polígonos compuestos por los segmentos de línea que conectan dos puntos triples de borde de grano adyacentes de la pluralidad de granos de martensita. Por lo tanto, la relación de área particular representada por VM/A0 es 1.0 o más.

La Fig. 5 ilustra una relación de inclusión de granos de martensita en la presente realización. En la presente realización, la relación del número de granos de martensita de tipo abultado (grupo B) al número de granos de martensita en los puntos triples de borde de grano de la matriz (grupo A) es 70% o más, y en cuanto a granos de martensita en los puntos triples de borde de grano de la matriz (grupo A), la relación de área representada por VM/A0 es 1.0 o más.

Según la presente realización, es posible obtener una resistencia a la tracción de 500 N/mm² o más y una reducción de área RA de 0.5 o menos, por ejemplo. Como producto (TS × EL) que muestra el equilibrio entre la resistencia a la tracción TS y la elongación EL, se puede obtener un valor de 18000 N/mm² .% o más.

Entonces, es posible obtener una ductilidad local excelente en comparación con una lámina de acero convencional de alta resistencia que tiene el mismo nivel de resistencia a la tracción.

Se puede incluir una capa galvanizada por inmersión en caliente en la lámina de acero de alta resistencia. Cuando se incluye una capa de galvanizado por inmersión en caliente, se puede obtener una resistencia a la corrosión más excelente. El peso de revestimiento no está particularmente limitado, pero el peso de revestimiento es preferentemente de 5 g/m² o más por un lado para obtener una resistencia a la corrosión particularmente buena.

Preferentemente, la capa galvanizada por inmersión en caliente contiene Zn y Al, por ejemplo, y el contenido de Fe de la misma es 13% o menos. Una capa galvanizada por inmersión en caliente que tiene un contenido de Fe del 13% o menos es excelente en la adhesión del chapado, conformabilidad y capacidad de expansión de orificios. Por otra parte, cuando el contenido de Fe excede de 13%, la adhesión de la capa galvanizada por inmersión en caliente misma es baja, y la capa galvanizada por inmersión en caliente se puede romper o caer durante el procesado de la lámina de acero de alta resistencia y se adhiere a un molde, puede causar arañazos.

La capa galvanizada por inmersión en caliente puede ser aleada. Dado que se incorpora Fe desde la lámina de acero base a la capa galvanizada por inmersión en caliente aleada, se obtienen una excelente soldabilidad por puntos y revestibilidad. El contenido de Fe de la capa galvanizada por inmersión en caliente aleada es preferentemente 7% o más. Cuando el contenido de Fe es menos de 7%, el efecto de mejorar la soldabilidad por puntos puede ser insuficiente en algunos casos. Con tal de que el contenido de Fe de la capa galvanizada por inmersión en caliente no aleada sea menos de 13%, puede ser menos de 7% o sustancialmente 0%, y se puede obtener una buena adhesión del chapado, conformabilidad y capacidad de expansión de orificios.

La lámina de acero de alta resistencia puede contener una capa de sobre-chapado en la capa galvanizada por inmersión en caliente. Cuando se incluye la capa de sobre-chapado, se puede obtener excelente revestibilidad y soldabilidad. Además, la lámina de acero de alta resistencia que incluye la capa galvanizada por inmersión en caliente se puede someter a un tratamiento superficial tal como un tratamiento con cromato, un tratamiento con fosfato, un tratamiento para mejorar la lubricidad y un tratamiento para mejorar la soldabilidad.

A continuación, se describirá un primer ejemplo de un método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según la realización de la presente invención. En el primer ejemplo, el laminado en caliente del planchón que tiene la composición química anterior, el enfriamiento y el recalentamiento se realizan en este orden. La Fig. 6A a Fig. 6C son vistas que ilustran cambios en la microestructura. Una microestructura de una lámina de acero obtenida mediante laminado en caliente y subsecuente enfriamiento (estructura inicial) tiene una baja fracción de área de perlita y un diámetro medio pequeño de perlita. El resto de la estructura inicial es, por ejemplo, ferrita (α) (Fig. 6A). En el recalentamiento subsecuente, la lámina de acero se calienta hasta la región de fase doble, y crece austenita (γ) en el punto triple de borde de grano de ferrita (Fig. 6B). La austenita que crece en el punto triple de borde de grano tiene una forma abultada hacia afuera. A continuación, la austenita se transforma en martensita (M) templando desde la región de fase doble (Fig. 6C). Como resultado, se obtienen granos de martensita que tienen un abultamiento hacia afuera. En lo sucesivo, estos procedimientos se describirán en detalle.

(Laminado en caliente y enfriamiento)

Se obtiene una lámina de acero por laminado en caliente y subsecuente enfriamiento. La microestructura (estructura inicial) de la lámina de acero es tal que una fracción de área de perlita es 10% o menos y un diámetro medio de perlita es de 10 μm o menos de diámetro del círculo equivalente. La cementita está incluida en la perlita, y la cementita se disuelve en el recalentamiento e inhibe la formación de austenita. Cuando la fracción de área de perlita excede de 10%, no se puede obtener una cantidad suficiente de austenita en el recalentamiento, y como resultado, es difícil hacer que la fracción de área de martensita en la lámina de acero de alta resistencia sea 5% o más. Por lo tanto, la fracción de área de perlita es 10% o menos. Cuando también el diámetro medio de la perlita es más de 10 μm de diámetro del círculo equivalente, no se puede obtener una cantidad suficiente de austenita en el recalentamiento y, como resultado, es difícil hacer que la fracción de área de la martensita en la lámina de acero de alta resistencia sea 5% o más. Cuando el diámetro medio de la perlita es más de 10 μm de diámetro del círculo equivalente, la austenita crece incluso en perlita, y parte de la austenita puede estar unida entre sí. La forma del grano de austenita obtenido combinando una pluralidad de granos de austenita es difícil que tenga una forma abultada hacia afuera. Por lo tanto, el diámetro medio de la perlita es de 10 μm o menos de diámetro del círculo equivalente.

El resto de la estructura inicial de la lámina de acero no está particularmente limitado, y es preferentemente ferrita, bainita o martensita, o cualquier combinación de las mismas, y en particular, la fracción de área de una de estas es preferentemente 90% o más. Esto es para facilitar el crecimiento de austenita desde el punto triple de borde de grano en el recalentamiento. El diámetro medio de los granos de ferrita, bainita o martensita, o cualquier combinación de las mismas, es preferentemente de 10 μm o menos de diámetro del círculo equivalente. Esto es para reducir el grano de martensita en la lámina de acero de alta resistencia. La cementita en grumos puede estar contenida en el resto de la estructura inicial de la lámina de acero, pero dado que inhibe la formación de austenita en el recalentamiento, la fracción de área de la cementita en grumos es preferentemente 1% o menos.

Es preferible que los granos de ferrita en una porción de capa superficial de la lámina de acero sean pequeños. La ferrita no se transforma en el recalentamiento y permanece como está en la lámina de acero de alta resistencia. Dado que el laminado en frío no se realiza en el primer ejemplo, la lámina de acero de alta resistencia es gruesa y la deformación en la porción de la capa superficial en la conformación, tal como flexión, expansión de orificios y abultamiento, tiende a ser mayor que la deformación interna. En consecuencia, cuando los granos de ferrita en la porción de la capa superficial de la lámina de acero de alta resistencia son grandes, se pueden producir grietas en la porción de la capa superficial y la ductilidad local puede disminuir. Suponiendo que un diámetro medio de ferrita en una región donde la profundidad desde la superficie de la lámina de acero es 1/4 del grosor de la lámina de acero es D_0 , para suprimir tal agrietamiento de la porción de la capa superficial, un diámetro medio D_s de ferrita en la porción de la capa superficial desde la superficie de la chapa de acero hasta la profundidad $4 \times D_0$ no es más del doble del diámetro medio D_0 . De aquí en adelante, una porción en la que el diámetro medio D_s de ferrita en la porción de la capa superficial es más del doble del diámetro medio D_0 se puede denominar capa superficial de grano grueso.

Las condiciones para el laminado en caliente no están particularmente limitadas, y en el laminado de las dos últimas cajas del laminado de acabado, la temperatura es preferentemente de "punto Ar3 + 10 °C" a 1000 °C, y el porcentaje

de reducción total es preferentemente de 15% a 45%. El grosor después del laminado en caliente es, por ejemplo, de 1.0 mm a 6.0 mm.

5 Cuando la temperatura de laminado en cualquiera de las dos últimas cajas es menor del punto Ar3 + 10 °C, es probable que se forme la capa superficial de grano grueso. Por lo tanto, la temperatura de laminado en las dos últimas cajas es preferentemente punto Ar3 + 10 °C o más. Por otra parte, cuando la temperatura de laminado excede de 1000 °C en cualquiera de las dos últimas cajas, el diámetro medio de la perlita en la estructura inicial no es fácilmente de 10 µm o menos de diámetro del círculo equivalente. Por lo tanto, la temperatura de laminado en las dos últimas cajas es preferentemente 1000 °C o menos.

10 Cuando el porcentaje de reducción total de las dos últimas cajas es menos de 15%, los granos de austenita se vuelven fácilmente grandes y el diámetro medio de la perlita en la estructura inicial no es fácilmente de 10 µm o menos de diámetro del círculo equivalente. Por lo tanto, el porcentaje de reducción total de las dos últimas cajas es preferentemente del 15% o más, y más preferentemente del 20% o más. Por otra parte, cuando el porcentaje de reducción total excede del 45%, es difícil que afecte negativamente a las propiedades mecánicas de la lámina de acero, pero puede ser difícil controlar la forma de la lámina de acero. Por lo tanto, el porcentaje de reducción total de las dos últimas cajas es preferentemente del 45% o menos, y más preferentemente del 40% o menos.

15 Después del laminado en caliente, la lámina de acero se enfría a 550 °C o menos. Cuando la temperatura de parada del enfriamiento excede de 550 °C, la fracción de área de perlita excede de 10%. Este enfriamiento se realiza, por ejemplo, con una tabla de salida (ROT). Por ejemplo, una parte o la totalidad de la austenita se transforma en ferrita en el enfriamiento. La condición de enfriamiento no está particularmente limitada, y una parte o la totalidad de la austenita se puede transformar en bainita, martensita o ambas. De este modo, se obtiene una lámina de acero que tiene una estructura inicial específica. La lámina de acero se bobina después del enfriamiento. Por ejemplo, la temperatura de bobinado es de 550 °C o inferior. Cuando la temperatura de bobinado excede de 550 °C, la fracción de área de perlita excede de 10%.

(Recalentamiento)

25 En el recalentamiento, la lámina de acero se calienta a una primera temperatura de 770 °C a 820 °C a una velocidad media de calentamiento de 3 °C/s a 120 °C/s, y la lámina de acero se enfría a una segunda temperatura de 300 °C o menos a una velocidad media de enfriamiento de 60 °C/s o más. El enfriamiento a la segunda temperatura comienza en 8 segundos una vez que la temperatura de la lámina de acero alcanza la primera temperatura. Como se describió anteriormente, se hacen crecer granos de austenita abultados hacia afuera en el recalentamiento, y se obtienen granos de martensita que tienen la misma forma.

30 Cuando la velocidad media de calentamiento es menos de 3 °C/s, la austenita crece excesivamente durante el calentamiento y los granos de austenita se unen entre sí, lo que dificulta la obtención de la martensita deseada en la lámina de acero de alta resistencia. Por lo tanto, la velocidad media de calentamiento es de 3 °C/s o más. Por otra parte, cuando la velocidad media de calentamiento excede de 120 °C/s, el carburo permanece, y no se puede obtener una cantidad suficiente de austenita. En consecuencia, la velocidad media de calentamiento es 120 °C/s o menos.

35 Cuando la temperatura alcanzada (primera temperatura) es menor de 770 °C, si la bainita o la martensita o ambas están contenidas en la estructura inicial, estas apenas se transforman en austenita y es difícil obtener la martensita deseada. Por lo tanto, la temperatura alcanzada es de 770 °C o superior. Es decir, en la presente realización, cuando la bainita o la martensita o ambas están contenidas en la estructura inicial, se transforman en austenita en lugar de templar. Por otra parte, cuando la temperatura alcanzada excede de 820 °C, la ferrita se transforma en austenita, y es difícil obtener la martensita deseada en una lámina de acero de alta resistencia. Por lo tanto, la temperatura alcanzada es de 820 °C o inferior.

40 Cuando la velocidad media de enfriamiento es inferior a 60 °C/s, la ferrita crece fácilmente, lo que dificulta la obtención de martensita de una forma abultada hacia afuera. En consecuencia, la velocidad media de enfriamiento es de 60 °C/s o más. Por otra parte, cuando la velocidad media de enfriamiento excede de 200 °C/s, es poco probable que ocurran efectos adversos en las propiedades mecánicas de la lámina de acero, pero la carga en el equipo se incrementa, la uniformidad de la temperatura disminuye, y es difícil de controlar la forma de la lámina de acero. Por lo tanto, la velocidad media de enfriamiento es preferentemente 200 °C/s o menos.

45 Cuando la temperatura de parada del enfriamiento (segunda temperatura) es superior a 300 °C, el enfriamiento es insuficiente y es difícil obtener la martensita deseada en la lámina de acero de alta resistencia. Por lo tanto, la temperatura de parada del enfriamiento es de 300 °C o menos.

50 Cuando el período de tiempo desde que la temperatura de la lámina de acero alcanza la primera temperatura al inicio del enfriamiento hasta la segunda temperatura es superior a 8 segundos, la austenita puede crecer en exceso, los granos de austenita se pueden combinar entre sí, y a continuación es difícil de obtener la martensita deseada en la lámina de acero de alta resistencia. Por lo tanto, el período de tiempo de retención hasta el inicio del enfriamiento es inferior a 8 segundos. Para obtener una ductilidad local particularmente excelente, el período de tiempo de retención es preferentemente de 5 segundos o menos.

De este modo, se puede fabricar la lámina de acero de alta resistencia según la presente realización. Una lámina de acero de alta resistencia fabricada usando una lámina de acero que incluye una capa superficial de grano grueso incluye la capa superficial de grano grueso. En una lámina de acero de alta resistencia fabricada usando una lámina de acero que no incluye una capa superficial de grano grueso, un diámetro medio D_s no es más del doble de un diámetro medio D_0 , donde D_0 denota un diámetro medio de ferrita en una región donde la profundidad desde la superficie de la lámina de acero de alta resistencia es $1/4$ de un grosor de la lámina de acero de alta resistencia, y D_s denota un diámetro medio de ferrita en una porción de capa superficial desde la superficie de la lámina de acero de alta resistencia hasta la profundidad de $4 \times D_0$.

A continuación, se describirá un segundo ejemplo de un método para fabricar la lámina de acero de alta resistencia según la realización de la presente invención. En el segundo ejemplo, el laminado en caliente del planchón que tiene la composición química anterior, laminado en frío, recocido de lámina laminada en frío, enfriamiento y recalentamiento se realizan en este orden. Una microestructura de una lámina de acero obtenida mediante recocido de láminas laminadas en frío y subsecuente enfriamiento (estructura inicial) tiene una fracción de área de perlita baja y un diámetro medio pequeño de perlita. El resto de la estructura inicial es, por ejemplo, ferrita (α) (Fig. 6A). En el recalentamiento subsecuente, la lámina de acero se calienta hasta la región de fase doble, y se hace crecer austenita (γ) en el punto triple de borde de grano de ferrita (Fig. 6B). La austenita que crece en el punto triple de borde de grano tiene una forma abultada hacia afuera. A continuación, la austenita se transforma en martensita (M) templando desde la región de fase doble (Fig. 6C). Como resultado, se obtienen granos de martensita que tienen un abultamiento hacia afuera. En lo sucesivo, estos procedimientos se describirán en detalle.

(Laminado en caliente)

El laminado en caliente del planchón se realiza para obtener una lámina de acero laminado en caliente que tiene un grosor de, por ejemplo, 1.0 mm a 6.0 mm.

(Laminado en frío, recocido de lámina laminada en frío y enfriamiento)

Se obtiene una lámina de acero por laminado en frío de la lámina de acero laminado en caliente, recocido de lámina laminada en frío y subsecuente enfriamiento. La microestructura (estructura inicial) de la lámina de acero es tal que una fracción de área de perlita es de 10% o menos y un diámetro medio de perlita es de $10 \mu\text{m}$ o menos de diámetro del círculo equivalente, y una fracción de área de ferrita no recristalizada es de 10% o menos. La cementita está incluida en la perlita, y la cementita se disuelve en el recalentamiento e inhibe la formación de austenita. Cuando la fracción de área de perlita excede de 10%, no se puede obtener una cantidad suficiente de austenita en el recalentamiento, y como resultado, es difícil hacer que la fracción de área de martensita en la lámina de acero de alta resistencia sea del 5% o más. Por lo tanto, la fracción de área de perlita es 10% o menos. Cuando también el diámetro medio de la perlita es más de $10 \mu\text{m}$ de diámetro del círculo equivalente, no se puede obtener una cantidad suficiente de austenita en el recalentamiento y, como resultado, es difícil hacer que la fracción de área de la martensita en la lámina de acero de alta resistencia sea 5% o más. Cuando el diámetro medio de la perlita es más de $10 \mu\text{m}$ de diámetro del círculo equivalente, la austenita crece incluso en la perlita, y parte de la austenita puede estar unida entre sí. La forma del grano de austenita obtenido combinando una pluralidad de granos de austenita es difícil que tenga una forma abultada hacia afuera. Por lo tanto, el diámetro medio de la perlita es de $10 \mu\text{m}$ o menos de diámetro del círculo equivalente. Cuando la fracción de área de ferrita no recristalizada excede de 10%, no se puede obtener suficiente ductilidad local. Por lo tanto, la fracción de área de ferrita no recristalizada es del 10% o menos.

El resto de la estructura inicial de la lámina de acero no está particularmente limitado, y es preferentemente ferrita, bainita o martensita, o cualquier combinación de las mismas como en el primer ejemplo, y en particular, la fracción de área de uno de estos es preferentemente 90% o más. El diámetro medio de los granos de ferrita, bainita o martensita, o cualquier combinación de los mismos, es preferentemente de $10 \mu\text{m}$ o menos de diámetro del círculo equivalente. La cementita en grumos puede estar contenida en el resto de la estructura inicial de la lámina de acero, pero la fracción de área de la cementita en grumos es preferentemente 1% o menos.

Las condiciones para el laminado en frío no están particularmente limitadas, y el porcentaje de reducción es preferentemente del 30% o más. Cuando el porcentaje de reducción es del 30% o más, los granos contenidos en la estructura inicial se pueden hacer finos, y el diámetro medio de martensita en la lámina de acero de alta resistencia se puede reducir fácilmente a $3 \mu\text{m}$ o menos. El grosor después del laminado en frío es, por ejemplo, de 0.4 mm a 3.0 mm.

Las condiciones para el recocido de la lámina laminada en frío no están particularmente limitadas, y preferentemente la temperatura de recocido es de $730 \text{ }^\circ\text{C}$ a $900 \text{ }^\circ\text{C}$, seguido de enfriamiento a $600 \text{ }^\circ\text{C}$ a una velocidad media de $1.0 \text{ }^\circ\text{C/s}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C/s}$.

Cuando la temperatura de recocido es menor de $730 \text{ }^\circ\text{C}$, es difícil reducir la fracción de área de ferrita no recristalizada en la estructura inicial al 10% o menos. Por lo tanto, la temperatura de recocido es preferentemente de $730 \text{ }^\circ\text{C}$ o superior. Por otra parte, cuando la temperatura de recocido excede de $900 \text{ }^\circ\text{C}$, es difícil hacer que el diámetro medio de la perlita en la estructura inicial sea de $10 \mu\text{m}$ o menos de diámetro del círculo equivalente, y el

diámetro medio de la martensita en la lámina de acero de alta resistencia es probable que sea grande. Por lo tanto, la temperatura de recocido es preferentemente de 900 °C o inferior.

5 Cuando la velocidad media de enfriamiento hasta 600 °C es menor de 1.0 °C/s, la fracción de área de perlita en la estructura inicial excede de 10%, o el diámetro medio de perlita excede de 10 µm de diámetro del círculo equivalente. Por lo tanto, la velocidad media de enfriamiento es preferentemente de 1.0 °C/s o más. Por otra parte, cuando la velocidad media de enfriamiento hasta 600 °C excede de 20 °C/segundo, la estructura inicial no es estable y la estructura inicial deseada no se puede obtener en algunos casos. Por lo tanto, la velocidad media de enfriamiento es preferentemente de 20 °C/s o menos.

10 Cuando la temperatura de parada del enfriamiento excede de 600 °C, la fracción de área de perlita excede de 10%. Por ejemplo, una parte o la totalidad de la austenita se transforma en ferrita en el enfriamiento. La condición de enfriamiento no está particularmente limitada, y una parte o la totalidad de la austenita se puede transformar en bainita, martensita o ambas. De este modo, se obtiene una lámina de acero que tiene una estructura inicial específica.

(Recalentamiento)

15 El recalentamiento se realiza en las mismas condiciones que en el primer ejemplo. Es decir, la lámina de acero se calienta a una primera temperatura de 770 °C a 820 °C a una velocidad media de calentamiento de 3 °C/s a 120 °C/s, y la lámina de acero se enfría a una segunda temperatura de 300 °C o menos a una velocidad media de laminado en frío de 60 °C/s o más. Enfriar hasta una temperatura. El enfriamiento a la segunda temperatura comienza en 8 segundos una vez que la temperatura de la lámina de acero alcanza la primera temperatura. Como se describió anteriormente, los granos de austenita abultados hacia afuera crecen en el recalentamiento, y se obtienen granos de martensita que tienen la misma forma.

20 De este modo, se puede fabricar la lámina de acero de alta resistencia según la presente realización. Una microestructura de una lámina de acero de alta resistencia fabricada usando una lámina de acero con una fracción de área de ferrita no recristalizada que excede del 10% incluye ferrita no recristalizada con una fracción de área que excede del 10%. Una fracción de área de ferrita no recristalizada es 10% o menos en una lámina de acero de alta resistencia fabricada usando una lámina de acero con una fracción de área de ferrita no recristalizada de 10% o menos.

25 En el primer ejemplo, dado que la lámina de acero se prepara mediante laminado en caliente y subsecuente enfriamiento, esta lámina de acero no incluye más del 10% de ferrita no recristalizada. En el segundo ejemplo, dado que la lámina de acero se prepara mediante laminado en frío de la lámina de acero laminado en caliente, recocido de lámina laminada en frío y subsecuente enfriamiento, esta lámina de acero no incluye una capa superficial de grano grueso.

30 Incidentalmente, la lámina de acero o la lámina de acero de alta resistencia se pueden sumergir en un baño de chapado para formar una capa de chapado, y se puede realizar un tratamiento de aleación a 600 °C o menos después de formar la capa de chapado. Por ejemplo, se puede formar una capa galvanizada por inmersión en caliente, y a continuación se puede llevar a cabo un tratamiento de aleación. Se puede formar una capa de sobrechapado sobre la capa de galvanizado por inmersión en caliente. Después de formar la capa galvanizada por inmersión en caliente, se puede llevar a cabo un tratamiento superficial como el tratamiento con cromato, el tratamiento con fosfato, el tratamiento para mejorar la lubricidad y el tratamiento para mejorar la soldabilidad. Se puede llevar a cabo el decapado y el laminado de temperizado.

35 La fracción de área de cada fase y estructura se puede medir mediante el siguiente método, por ejemplo. Por ejemplo, se realiza el ataque químico Le Pera o el ataque químico Nital de una lámina de acero de alta resistencia, se realiza la observación usando un microscopio óptico o un microscopio electrónico de barrido (SEM), se identifican cada fase y estructura, y las fracciones de área se miden usando un analizador de imágenes o similares. La región objetivo de observación es, por ejemplo, una región cuya profundidad desde la superficie de la lámina de acero de alta resistencia es 1/4 del grosor de la lámina de acero de alta resistencia. Al medir el diámetro medio y el área de los granos de martensita, las medidas se realizan en 200 o más granos de martensita.

40 El diámetro medio de los granos de ferrita en la lámina de acero usada en el primer ejemplo se puede medir mediante el siguiente método, por ejemplo. Es decir, se realiza un ataque químico Nital de la lámina de acero, se observa una sección transversal ortogonal en la dirección de laminado usando un microscopio óptico o SEM, y el diámetro medio de los granos de ferrita se mide usando un analizador de imágenes o similares. El área objetivo de observación es una región cuya profundidad desde la superficie de la lámina de acero es 1/4 del grosor de la lámina de acero y una porción de capa superficial. Estos métodos de medida son meramente ejemplos, y los métodos de medida no están limitados a estos métodos.

45 La fracción de área de ferrita no recristalizada en la lámina de acero usada en el segundo ejemplo se puede medir mediante el siguiente método, por ejemplo. Es decir, se prepara una muestra en la que una región cuya profundidad desde la superficie de la lámina de acero es 1/4 del grosor de la lámina de acero es un plano de medida, y los datos de medida de la orientación del cristal se obtienen de un patrón de retrodispersión de electrones (EBSP) de cada

uno de los planos de medida. En la preparación de la muestra, por ejemplo, se realiza el adelgazamiento mediante pulido mecánico o similares y la retirada de la deformación y el adelgazamiento mediante pulido electrolítico o similares. La EBSP mide 5 puntos o más en cada grano de la muestra y los datos de medida de orientación del cristal se obtienen de cada resultado de medida para cada punto de medida (píxel). A continuación, los datos de medida de orientación del cristal obtenidos se analizan mediante el método Kernel Average Misorientation (KAM) para distinguir la ferrita no recristalizada contenida en la ferrita, y se calcula la fracción de área de la ferrita no recristalizada en la ferrita. A partir de la fracción de área de ferrita en la estructura inicial y la fracción de área de ferrita no recristalizada en ferrita, se puede calcular la fracción de área de ferrita no recristalizada en la estructura inicial. En el método KAM, la desorientación entre puntos de medida adyacentes se puede detectar cuantitativamente. En la presente invención, los granos que tienen una desorientación media de 1° o más desde los puntos de medida adyacentes se definen como ferrita no recristalizada.

Estos métodos de medida son meramente ejemplos, y los métodos de medida no están limitados a estos métodos.

Tenga en cuenta que las realizaciones descritas anteriormente meramente ilustran ejemplos concretos de implementación de la presente invención, y el alcance técnico de la presente invención no se debe interpretar de manera restrictiva por estas realizaciones. Es decir, la presente invención se puede implementar de varias formas sin apartarse del espíritu técnico o de las características principales de la misma.

Ejemplo

A continuación, se describirán ejemplos de la presente invención. Una condición de los ejemplos es un ejemplo de condición que se adopta para confirmar una posibilidad de implementación y un efecto de la presente invención, y la presente invención no está limitada a este ejemplo de condición. La presente invención permite una adopción de varias condiciones con tal de que se logre un objeto de la presente invención sin apartarse de la esencia de la presente invención.

(Primer experimento)

En un primer experimento, se fundieron aceros que tienen los componentes presentados en la Tabla 1 y se prepararon planchones por colada continua mediante un método convencional. El resto de la composición química presentada en la Tabla 1 es Fe e impurezas. Un subrayado en la Tabla 1 indica que el valor se desvía de un intervalo de la presente invención. A continuación, el laminado en caliente y el enfriamiento en ROT se realizaron en las condiciones presentadas en la Tabla 2 para obtener una lámina de acero que tiene una estructura inicial presentada en la Tabla 2. A partir de ahí, el recalentamiento se realizó en las condiciones presentadas en la Tabla 2, y a continuación el decapado y el laminado de temperizado con un porcentaje de reducción del 0.5% se realizaron para obtener una lámina de acero de alta resistencia. El grosor de la lámina de acero de alta resistencia era de 2.6 mm a 3.2 mm. Un subrayado en la Tabla 2 indica que el artículo se desvía de un intervalo de la presente invención. Para la columna de "capa de grano grueso superficial" en la Tabla 2, aquellas en las que el diámetro medio D_s de ferrita en la porción de capa superficial que tiene una profundidad de $4 \times D_0$ desde la superficie de la chapa de acero es dos veces o menos el diámetro medio D_0 "sin", aquellas que son más del doble "con".

[Tabla 1]

Tabla 1

Símbolo del acero	Composición química (% en masa)															Punto Ar3 (°C)
	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Nb	Ti	Ca	Mg	Zr	REM	Otros		
A	0.060	0.01	1.2	0.008	0.0020	0.003	0.30	0.01	0.05	-	-	-	-	-	807	
B	0.320	0.01	3.7	0.010	0.0018	0.004	1.80	-	-	-	-	-	-	-	597	
C	0.061	0.88	1.2	0.018	0.0030	0.004	0.04	-	-	0.0023	-	-	-	-	817	
D	0.090	0.01	1.6	0.008	0.0030	0.004	0.40	-	-	0.0030	-	-	-	-	772	
E	0.120	0.02	1.6	0.009	0.0010	0.004	0.40	-	-	0.0027	-	-	0.0070	-	757	
F	0.090	1.54	1.5	0.011	0.0010	0.004	0.03	0.16	-	-	-	-	-	Cu: 1.15. Ni: 0.58	800	
G	0.090	1.50	2.0	0.008	0.0010	0.002	0.04	0.04	0.13	-	-	-	-	B: 0.002	767	
H	0.080	1.50	2.0	0.009	0.0010	0.004	0.50	-	-	0.0027	-	-	-	-	797	
I	0.150	1.90	2.0	0.020	0.0400	0.003	0.30	-	-	-	-	-	-	-	764	
J	0.055	0.50	2.0	0.008	0.0030	0.008	0.03	0.05	0.18	-	0.0030	-	-	-	758	
K	0.050	0.80	0.8	0.060	0.0020	0.002	0.04	0.02	0.03	-	-	-	-	Cu: 0.25. Ni: 0.18	857	
L	0.070	0.01	1.2	0.008	0.0030	0.004	0.60	0.04	0.17	0.0023	-	-	-	-	818	
M	0.061	0.88	1.2	0.018	0.0030	0.004	0.04	-	-	0.0023	-	-	-	Mo: 0.1	817	
N	0.080	1.50	2.0	0.009	0.0010	0.004	0.50	-	-	0.0027	-	-	-	-	797	
O	0.050	0.50	1.6	0.009	0.0030	0.002	0.03	-	0.05	-	0.0050	-	-	V: 0.05. B: 0.0005	786	
P	0.090	0.01	2.0	0.011	0.0020	0.002	0.80	0.04	0.18	-	-	0.0050	0.0050	Cr: 2.5	769	
Q	0.180	1.00	2.0	0.060	0.0020	0.002	0.03	-	-	-	-	-	0.0050	-	719	
a	0.380	1.20	1.4	0.020	0.0030	0.003	0.01	-	0.12	-	-	-	-	-	651	
b	0.070	0.10	4.2	0.130	0.0025	0.003	0.03	-	-	-	-	-	-	-	628	

c	0.050	1.00	1.0	0.020	0.0030	0.003	0.04	<u>0.40</u>	-	-	-	-	-	-	-	840
d	<u>0.020</u>	1.00	3.0	0.010	0.0040	0.002	0.03	0.03	0.10	-	-	-	-	-	-	726
e	0.070	1.50	1.4	0.010	<u>0.0700</u>	0.003	0.03	-	0.04	-	-	-	-	-	-	815
f	0.060	0.10	1.1	0.008	0.0020	<u>0.015</u>	0.03	-	<u>0.40</u>	-	-	-	-	-	-	806
g	0.070	1.00	2.0	0.008	0.0020	0.001	0.03	-	-	<u>0.020</u>	-	-	-	-	-	764
h	0.075	1.00	1.2	0.018	0.0030	0.004	0.04	-	0.03	-	0.0030	-	-	-	-	815
i	0.070	1.00	1.2	0.018	0.0030	0.004	0.04	-	0.05	-	0.0020	-	-	-	-	817

[Tabla 2]

Tabla 2

Muestra N.º	Símbolo del acero	Laminación en caliente (últimas dos cajas)			Temperatura de parada del enfriamiento (°C)	Estructura inicial			Recalentamiento					Chapado	Observaciones
		Temperatura de la segunda a la última caja (°C)	Temperatura de la última caja (°C)	Porcentaje de reducción (%)		Fracción de área de perfitla (%)	Díámetro medio de perfitla (µm)	Capa de grano grueso superficial	Velocidad media de calentamiento	Temperatura lograda (°C)	Tiempo de retención (s)	Velocidad media de enfriamiento (°C/s)	Temperatura de parada del enfriamiento		
1	A	898	880	25	600	21	19.8	SIN	30	800	2	100	40	CON	Ejemplo comparativo
2	A	898	880	25	500	5	2.9	SIN	30	800	2	70	40	CON	Ejemplo de la invención
3	A	898	880	25	500	5	2.9	SIN	100	800	2	100	40	SIN	Ejemplo de la invención
4	B	877	860	20	480	6	5.2	SIN	2	800	2	100	40	SIN	Ejemplo comparativo
5	Bi	877	860	20	480	6	5.2	SIN	30	800	0	70	40	CON	Ejemplo de la invención
6	B	874	860	12	480	6	12.0	SIN	30	800	2	70	40	SIN	Ejemplo comparativo
7	C	818	800	25	300	3	1.8	CON	30	740	2	100	40	CON	Ejemplo comparativo
8	C	918	900	25	300	3	2.1	SIN	100	780	2	100	40	CON	Ejemplo de la invención
9	C	918	900	25	300	3	2.1	SIN	30	780	2	70	200	SIN	Ejemplo de la invención
10	D	917	900	20	40	0	-	SIN	30	800	9	70	40	CON	Ejemplo comparativo
11	D	917	900	20	40	0	-	SIN	30	800	2	70	40	CON	Ejemplo de la invención
12	D	917	900	20	40	0	-	SIN	10	800	2	100	40	CON	Ejemplo de la invención

13	E	893	880	25	500	5	3.0	SIN	100	700	1	100	40	SIN	Ejemplo comparativo
14	E	898	898	25	500	5	3.0	SIN	100	780	1	100	40	CON	Ejemplo de la invención
15	E	898	880	25	500	5	3.0	SIN	100	780	0	100	600	CON	Ejemplo comparativo
16	F	918	900	25	400	4	2.6	SIN	100	780	2	100	40	CON	Ejemplo de la invención
17	F	918	900	25	400	4	2.6	SIN	30	780	8	70	40	SIN	Ejemplo de la invención
18	G	918	900	25	500	5	3.0	SIN	30	780	1	70	40	CON	Ejemplo de la invención
19	G	918	900	25	500	5	3.0	SIN	100	780	2	100	40	CON	Ejemplo de la invención
20	G	918	900	25	500	5	3.0	SIN	50	780	4	50	40	SIN	Ejemplo comparativo
21	H	888	870	25	500	5	2.9	SIN	100	780	2	100	40	CON	Ejemplo de la invención
22	I	918	900	25	500	5	3.1	SIN	100	800	2	100	40	CON	Ejemplo de la invención
23	J	918	900	25	500	5	2.9	SIN	30	780	2	70	40	CON	Ejemplo de la invención
24	K	940	920	30	450	4	0.8	SIN	30	780	2	70	40	CON	Ejemplo de la invención
25	K	940	920	30	450	4	0.8	SIN	100	800	2	100	320	CON	Ejemplo comparativo
26	K	885	865	30	450	4	0.5	CON	30	780	2	70	40	CON	Ejemplo comparativo
27	L	918	900	25	40	0	-	SIN	30	780	2	70	40	CON	Ejemplo de la invención

23	L	918	900	25	40	0	-	SIN	30	780	2	70	40	SIN	Ejemplo de la invención
29	M	910	890	30	40	0	-	SIN	100	780	2	100	40	SIN	Ejemplo de la invención
30	M	910	890	30	40	0	-	SIN	30	780	2	70	40	CON	Ejemplo de la invención
31	N	918	900	25	150	1	1.6	SIN	6	780	2	100	40	SIN	Ejemplo de la invención
32	N	918	900	25	150	1	1.6	SIN	30	780	2	100	40	SIN	Ejemplo de la invención
33	N	918	900	25	150	1	1.6	SIN	100	780	2	100	40	SIN	Ejemplo de la invención
34	O	887	870	20	380	4	4.3	SIN	30	<u>750</u>	1	70	40	CON	Ejemplo comparativo
35	O	887	870	20	380	4	4.3	SIN	30	770	1	70	40	CON	Ejemplo de la invención
36	P	918	900	25	500	5	3.0	SIN	30	770	1	100	40	SIN	Ejemplo de la invención
37	Q	897	880	20	500	5	5.1	SIN	30	780	2	100	40	SIN	Ejemplo de la invención
38	a	898	880	25	40	12	<u>15.0</u>	SIN	30	780	2	70	40	CON	Ejemplo comparativo
39	b	898	880	25	40	0	1.0	SIN	30	780	2	70	40	CON	Ejemplo comparativo
40	c	898	880	25	40	0	1.0	SIN	30	780	2	70	40	CON	Ejemplo comparativo
41	d	898	880	25	40	0	0.9	SIN	30	780	2	70	40	CON	Ejemplo comparativo
42	e	898	880	25	40	0	1.0	SIN	30	780	2	70	40	CON	Ejemplo comparativo

43	f	898	880	25	40	0	1.0	SIN	30	780	2	70	40	SIN	Ejemplo comparativo
44	g	898	880	25	40	0	1.0	SIN	30	780	2	70	40	SIN	Ejemplo comparativo
45	h	898	880	25	250	2	1.9	SIN	150	760	1	100	450	SIN	Ejemplo comparativo
46	i	938	920	25	20	0	1.1	SIN	200	780	1	100	450	SIN	Ejemplo comparativo
47	C	918	900	25	300	3	2.1	SIN	50	780	0	50	450	SIN	Ejemplo comparativo
48	C	918	900	25	300	3	2.1	SIN	100	800	0	100	550	SIN	Ejemplo comparativo
49	C	893	870	40	700	12	1.2	SIN	60	800	7	150	270	SIN	Ejemplo comparativo
50	C	918	900	25	300	3	2.1	SIN	130	800	7	150	270	SIN	Ejemplo comparativo
51	C	918	900	25	300	3	2.1	SIN	60	330	7	150	270	SIN	Ejemplo comparativo
52	C	918	900	25	300	3	2.1	SIN	60	770	0	150	270	SIN	Ejemplo de la invención

Para cada una de las láminas de acero de alta resistencia, se identificó la microestructura y se identificó la configuración de martensita. Estos resultados se presentan en la Tabla 3. Un subrayado en la Tabla 3 indica que el elemento se desvía de un intervalo de la presente invención.

[Tabla 3]

Tabla 3

Muestra N.º	Símbolo del acero	Microestructura (% de área)			Capa de grano grueso superficial	Configuración de martensita			Observaciones
		Martensita	Ferrita	Perlita		Diámetro medio (µm)	Porcentaje de tipo abultado (%)	Relación de área	
1	A	<u>4</u>	70	<u>10</u>	SIN	1.3	89	1.24	Ejemplo comparativo
2	A	11	77	1	SIN	1.6	88	1.22	Ejemplo de la invención
3	A	15	70	1	SIN	1.4	88	1.24	Ejemplo de la invención
4	B	23	58	1	SIN	<u>7.7</u>	87	1.16	Ejemplo comparativo
5	B	26	55	1	SIN	2.2	86	1.18	Ejemplo de la invención
6	B	19	55	<u>9</u>	SIN	<u>5.7</u>	87	1.17	Ejemplo comparativo
7	C	7	80	0	<u>CON</u>	1.7	82	1.14	Ejemplo comparativo
8	C	14	71	1	SIN	1.3	86	1.21	Ejemplo de la invención
9	C	10	78	1	SIN	1.6	86	1.20	Ejemplo de la invención
10	D	12	77	0	SIN	<u>6.3</u>	<u>37</u>	1.28	Ejemplo comparativo
11	D	12	77	0	SIN	1.7	88	1.22	Ejemplo de la invención
12	D	9	79	0	SIN	2.6	88	1.19	Ejemplo de la invención
13	E	<u>3</u>	73	<u>9</u>	SIN	0.9	<u>5</u>	<u>0.47</u>	Ejemplo comparativo
14	E	31	47	1	SIN	1.8	85	1.18	Ejemplo de la invención
15	E	17	47	<u>15</u>	SIN	1.3	85	1.19	Ejemplo comparativo
16	F	36	41	1	SIN	1.9	84	1.16	Ejemplo de la invención
17	F	32	48	1	SIN	3.1	75	1.21	Ejemplo de la invención
18	G	47	28	1	SIN	3.0	85	1.15	Ejemplo de la invención

19	G	51	21	1	SIN	2.5	86	1.17	Ejemplo de la invención
20	G	<u>4</u>	26	<u>20</u>	SIN	1.1	89	1.26	Ejemplo comparativo
21	H	30	49	1	SIN	2.0	84	1.16	Ejemplo de la invención
22	I	31	47	1	SIN	2.0	88	1.21	Ejemplo de la invención
23	J	43	33	1	SIN	2.9	84	1.14	Ejemplo de la invención
24	K	11	77	0	SIN	1.6	86	1.20	Ejemplo de la invención
25	K	<u>2</u>	69	0	SIN	0.8	89	1.29	Ejemplo comparativo
26	K	11	77	0	<u>CON</u>	1.7	86	1.19	Ejemplo comparativo
27	L	37	43	0	SIN	2.6	86	1.17	Ejemplo de la invención
28	L	37	43	0	SIN	2.6	86	1.17	Ejemplo de la invención
29	M	15	70	0	SIN	1.4	86	1.21	Ejemplo de la invención
30	M	12	77	0	SIN	1.7	86	1.19	Ejemplo de la invención
31	N	24	57	0	SIN	3.9	86	1.15	Ejemplo de la invención
32	N	26	55	0	SIN	2.4	86	1.17	Ejemplo de la invención
33	N	31	48	0	SIN	2.0	86	1.18	Ejemplo de la invención
34	O	<u>4</u>	92	1	SIN	1.3	<u>10</u>	<u>0.30</u>	Ejemplo comparativo
35	O	10	78	1	SIN	1.5	84	1.18	Ejemplo de la invención
36	P	41	34	1	SIN	2.7	81	1.11	Ejemplo de la invención
37	Q	50	22	1	SIN	3.5	83	1.12	Ejemplo de la invención
38	a	44	<u>18</u>	<u>12</u>	SIN	3.1	86	1.16	Ejemplo comparativo
39	b	57	<u>16</u>	0	SIN	3.8	86	1.15	Ejemplo comparativo
40	c	41	37	0	SIN	2.3	86	1.17	Ejemplo comparativo

41	d	6	84	0	SIN	1.3	87	1.21	Ejemplo comparativo
42	e	14	73	0	SIN	1.8	86	1.19	Ejemplo comparativo
43	f	20	64	0	SIN	1.8	86	1.19	Ejemplo comparativo
44	g	29	53	0	SIN	2.5	86	1.17	Ejemplo comparativo
45	h	4	48	6	SIN	0.9	50	0.81	Ejemplo comparativo
46	l	4	38	6	SIN	0.8	45	0.76	Ejemplo comparativo
47	C	8	76	1	SIN	1.1	45	0.72	Ejemplo comparativo
48	C	12	70	1	SIN	1.1	47	0.75	Ejemplo comparativo
49	C	3	74	0	SIN	1.5	58	0.87	Ejemplo comparativo
50	C	3	67	1	SIN	0.8	45	0.77	Ejemplo comparativo
51	C	12	72	1	SIN	4.8	42	0.62	Ejemplo comparativo
52	C	9	75	1	SIN	1.1	70	1.03	Ejemplo de la invención

Además, se realizó un ensayo de tracción en cada una de las láminas de acero de alta resistencia según la JIS Z 2241, y se midieron la resistencia a la tracción TS, la elongación EL y la reducción de área RA. La parte rota se observó con un aumento de tamaño mediante un epidioscopio, se midió el W medio de las anchuras en ambos lados y la t media de los grosores en ambos lados en la parte rota, y se calculó la reducción de área RA a partir de la siguiente Expresión 1. Aquí, W0 y t0 denotan la anchura y el grosor antes del ensayo de tracción, respectivamente. Estos resultados se presentan en la Tabla 4. Un subrayado en la Tabla 4 indica que el valor se desvía de un intervalo deseable.

$$RA = 1 - (W \times t) / (W0 \times t0) \quad (\text{Expresión 1})$$

[Tabla 4]

10 Tabla 4

Muestra N.º	Símbolo del acero	Propiedades mecánicas				Observaciones
		Resistencia a la tracción TS (N/mm ²)	Elongación EL (%)	TS x EL (N/mm ² %)	Reducción de área RA	
1	A	561	25.2	<u>14149</u>	<u>0.28</u>	Ejemplo comparativo
2	A	598	32.9	19681	0.60	Ejemplo de la invención
3	A	616	32.0	19693	0.59	Ejemplo de la invención
4	B	788	14.9	<u>17788</u>	<u>0.30</u>	Ejemplo comparativo
5	B	806	23.8	19187	0.55	Ejemplo de la invención
6	B	767	15.2	<u>11665</u>	<u>0.24</u>	Ejemplo comparativo
7	C	578	28.8	<u>16633</u>	<u>0.34</u>	Ejemplo comparativo
8	C	611	32.5	19881	0.59	Ejemplo de la invención
9	C	593	33.5	19869	0.60	Ejemplo de la invención
10	D	600	25.0	<u>15010</u>	<u>0.37</u>	Ejemplo comparativo
11	D	600	33.0	19793	0.60	Ejemplo de la invención
12	D	585	33.9	19856	0.61	Ejemplo de la invención
13	E	704	25.0	<u>17590</u>	<u>0.11</u>	Ejemplo comparativo
14	E	844	23.9	20198	0.54	Ejemplo de la invención
15	E	773	22.0	<u>17010</u>	<u>0.18</u>	Ejemplo comparativo
16	F	853	22.2	18952	0.52	Ejemplo de la invención

ES 2 784 699 T3

17	F	835	22.1	18446	0.55	Ejemplo de la invención
18	G	999	20.0	19971	0.50	Ejemplo de la invención
19	G	1018	19.6	19963	0.49	Ejemplo de la invención
20	G	783	12.0	<u>9393</u>	<u>0.18</u>	Ejemplo comparativo
21	H	837	22.9	19199	0.54	Ejemplo de la invención
22	I	838	22.7	19017	0.54	Ejemplo de la invención
23	J	945	20.0	18924	0.50	Ejemplo de la invención
24	K	605	31.2	18873	0.60	Ejemplo de la invención
25	K	559	25.0	<u>13973</u>	<u>0.38</u>	Ejemplo comparativo
26	K	611	26.0	<u>15885</u>	<u>0.35</u>	Ejemplo comparativo
27	L	1020	19.4	19833	0.53	Ejemplo de la invención
28	L	1017	19.5	19833	0.53	Ejemplo de la invención
29	M	628	29.4	18501	0.59	Ejemplo de la invención
30	M	610	30.3	18491	0.60	Ejemplo de la invención
31	N	807	24.8	20035	0.56	Ejemplo de la invención
32	N	816	24.4	19899	0.56	Ejemplo de la invención
33	N	842	23.6	19912	0.54	Ejemplo de la invención
34	O	568	27.0	<u>15328</u>	<u>0.17</u>	Ejemplo comparativo
35	O	597	31.4	18753	0.59	Ejemplo de la invención
36	P	931	21.3	19869	0.50	Ejemplo de la invención
37	Q	929	22.0	20441	0.48	Ejemplo de la invención
38	a	710	15.0	<u>10643</u>	<u>0.10</u>	Ejemplo comparativo
39	b	1114	8.0	<u>8908</u>	<u>0.12</u>	Ejemplo comparativo

40	c	937	10.0	<u>9367</u>	<u>0.15</u>	Ejemplo comparativo
41	d	<u>459</u>	<u>30.0</u>	<u>13774</u>	<u>0.40</u>	Ejemplo comparativo
42	e	631	16.0	<u>10096</u>	<u>0.10</u>	Ejemplo comparativo
43	f	704	14.0	<u>9859</u>	<u>0.15</u>	Ejemplo comparativo
44	g	802	12.0	<u>9623</u>	<u>0.12</u>	Ejemplo comparativo
45	h	610	31.2	19032	<u>0.45</u>	Ejemplo comparativo
46	i	732	27.6	20203	<u>0.44</u>	Ejemplo comparativo
47	C	570	29.7	<u>16928</u>	<u>0.25</u>	Ejemplo comparativo
48	C	620	27.5	<u>17038</u>	<u>0.25</u>	Ejemplo comparativo
49	C	558	29.0	<u>16170</u>	<u>0.30</u>	Ejemplo comparativo
50	C	535	30.8	<u>16477</u>	<u>0.27</u>	Ejemplo comparativo
51	C	627	27.5	<u>17246</u>	<u>0.23</u>	Ejemplo comparativo
52	C	588	31.0	18228	0.52	Ejemplo de la invención

5 Como se presenta en la Tabla 4, en cuanto a la muestra N.º 2 – N.º 3, N.º 5, N.º 8 – N.º 9, N.º 11 – N.º 12, N.º 14, N.º 16 - N.º 19, N.º 21 - N.º 24, N.º 27 - N.º 33, N.º 35 - N.º 37 y N.º 52 dentro del alcance de la presente invención, se obtuvieron una excelente resistencia a la tracción y reducción de área RA, y el equilibrio entre la resistencia a la tracción y la elongación también fue bueno.

10 Por otra parte, en cuanto a la muestra N.º 1, la fracción de área de perlita era demasiado alta y el diámetro medio de los granos de perlita era demasiado grande en la lámina de acero, la fracción de área de martensita era demasiado baja y la fracción de área de perlita era demasiado alta en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA. La razón por la cual la fracción de área de perlita en la lámina de acero era demasiado alta y el diámetro medio de los granos de perlita era demasiado grande es que la temperatura de parada del enfriamiento después del laminado en caliente era demasiado alta.

En cuanto a la muestra N.º 4, el diámetro medio de martensita en la lámina de acero de alta resistencia era demasiado grande porque la velocidad media de enfriamiento del recalentamiento era demasiado baja. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

15 En cuanto a la muestra N.º 6, la fracción de área de perlita en la lámina de acero de alta resistencia era demasiado alta porque el diámetro medio de los granos de perlita en la lámina de acero era demasiado grande. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA. La razón por la que el diámetro medio de los granos de perlita en la lámina de acero era demasiado grande es que el porcentaje de reducción total en las dos últimas cajas de laminado en caliente era demasiado bajo.

20 En cuanto a la muestra N.º 7, dado que la capa superficial de grano grueso estaba contenida en la lámina de acero, la capa superficial de grano grueso permaneció también en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA. La razón por la que se incluyó la capa superficial de grano grueso en la lámina de acero es que la temperatura de las dos últimas cajas de laminado en caliente era demasiado baja.

En cuanto a la muestra N.º 10, el tiempo de retención del recalentamiento era demasiado largo, de modo que el diámetro medio de martensita era demasiado grande y el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado era demasiado bajo en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

5 En cuanto a la muestra N.º 13, la temperatura de recalentamiento alcanzada era demasiado baja, la fracción de área de martensita era demasiado baja, la fracción de área de perlita era demasiado alta y el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado era demasiado bajo en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

10 En cuanto a la muestra N.º 15, la fracción de área de perlita en la lámina de acero de alta resistencia era demasiado alta porque la temperatura de parada del enfriamiento del recalentamiento era demasiado alta. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

15 En cuanto a la muestra N.º 20, la velocidad media de enfriamiento del recalentamiento era demasiado baja, la fracción de área de martensita era demasiado baja y la fracción de área de perlita era demasiado alta en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

En cuanto a la muestra N.º 25, la fracción de área de martensita en la lámina de acero de alta resistencia era demasiado baja porque la temperatura de parada del enfriamiento del recalentamiento era demasiado alta. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

20 En cuanto a la muestra N.º 26, dado que la capa superficial de grano grueso estaba contenida en la lámina de acero, la capa superficial de grano grueso permaneció también en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA. La razón por la que se incluyó la capa superficial de grano grueso en la lámina de acero es que la temperatura de las dos últimas cajas de laminado en caliente era demasiado baja.

25 En cuanto a la muestra N.º 34, la temperatura de recalentamiento alcanzada era demasiado baja, por lo que la fracción de área de martensita era demasiado baja y el porcentaje de granos de martensita abultada era demasiado bajo en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

En cuanto a la muestra N.º 38 a la muestra N.º 44, dado que la composición química estaba fuera del intervalo de la presente invención, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

30 En cuanto a la muestra N.º 45, dado que la velocidad media de calentamiento del recalentamiento era demasiado alta, la temperatura alcanzada era demasiado baja y la temperatura de parada del enfriamiento era demasiado alta, la fracción de área de martensita era demasiado baja, la fracción de área de perlita era demasiado alta, el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado era demasiado bajo, y la proporción de área específica era demasiado baja en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener una buena reducción de área RA.

35 En cuanto a la muestra N.º 46, dado que la velocidad media de calentamiento del recalentamiento era demasiado alta y la temperatura de parada del enfriamiento era demasiado alta, la fracción de área de martensita era demasiado baja, la fracción de área de perlita era demasiado alta y el porcentaje de granos de martensita del tipo abultado era demasiado bajo y la relación de área específica era demasiado baja en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener una buena reducción de área RA.

40 En cuanto a la muestra N.º 47, dado que la velocidad media de enfriamiento del recalentamiento era demasiado baja y la temperatura de parada del enfriamiento era demasiado alta, muchos granos de martensita combinados estaban presentes, el porcentaje de granos de martensita del tipo abultado era demasiado bajo, y la proporción de área específica demasiado baja en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

45 En cuanto a la muestra N.º 48, la temperatura de parada del enfriamiento era demasiado alta, de modo que el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado era demasiado bajo y la relación de área específica era demasiado baja. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

50 En cuanto a la muestra N.º 49, dado que la fracción de área de perlita en la lámina de acero era demasiado alta, la fracción de área de martensita era demasiado baja, el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado era demasiado bajo y la proporción de área específica era demasiado baja en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA. La razón por la que la fracción de área de perlita en la lámina de acero era demasiado alta es que la temperatura de parada del enfriamiento después del laminado en caliente era demasiado alta.

55 En cuanto a la muestra N.º 50, dado que la velocidad media de calentamiento del recalentamiento era demasiado alta, la fracción de área de martensita era demasiado baja, el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado

era demasiado bajo y la proporción de área específica era demasiado baja en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

5 En cuanto a la muestra N.º 51, dado que la temperatura de recalentamiento alcanzada era demasiado alta, el diámetro medio de martensita era demasiado grande, el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado era demasiado bajo y la proporción de área específica era demasiado baja en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

10 La Fig. 7 ilustra la relación entre la resistencia a la tracción y la elongación de los ejemplos de la invención y ejemplos comparativos, y la Fig. 8 ilustra la relación entre la resistencia a la tracción y la reducción de área. Como se ilustra en la Fig. 7, si la resistencia a la tracción fuera sustancialmente igual, la elongación más alta se podría obtener en los ejemplos de la invención. Como se ilustra en la Fig. 8, si la resistencia a la tracción fuera sustancialmente igual, la excelente reducción de área se podría obtener en los ejemplos de la invención.

(Segundo experimento)

15 En un segundo experimento, los aceros que tienen los componentes presentados en la Tabla 5 se fundieron y se prepararon planchones por colada continua por un método convencional. El resto de la composición química presentada en la Tabla 5 es Fe e impurezas. Un subrayado en la Tabla 5 indica que el valor se desvía del intervalo de la presente invención. A continuación, se realizó el laminado en caliente, y se realizó el laminado en frío, el recocido de la lámina laminada en frío y el enfriamiento en las condiciones presentadas en la Tabla 6 para obtener una lámina de acero que tiene una estructura inicial presentada en la Tabla 6. Después de esto, el recalentamiento se realizó en las condiciones presentadas en la Tabla 6, y se realizó un decapado y laminado de temperizado con un porcentaje de reducción del 0.5% para obtener una lámina de acero de alta resistencia. El grosor de la lámina de 20 acero de alta resistencia era de 1.0 mm a 1.8 mm. Un subrayado en la Tabla 6 indica que el artículo se desvía de un intervalo de la presente invención.

[Tabla 5]

Tabla 5

Símbolo del acero	Composición química (% en masa)															Punto Ar3 (°C)
	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Nb	Ti	Ca	Mg	Zr	REM	Otros		
AA	0.080	0.10	2.0	0.020	0.0020	0.003	0.300	0.010	0.030	-	-	-	-	-	752	
BB	0.090	0.60	2.1	0.015	0.0050	0.003	0.030	0.020	0.020	-	-	-	-	-	738	
CC	0.080	0.55	1.8	0.018	0.0030	0.004	0.040	-	-	0.002	-	-	-	Cr: 0.3	762	
DD	0.090	0.01	1.6	0.008	0.0030	0.004	0.400	-	-	0.003	-	-	-	-	772	
EE	0.090	0.60	2.1	0.009	0.0010	0.004	0.033	0.030	-	-	-	-	-	-	737	
FF	0.090	1.54	1.5	0.011	0.0010	0.004	0.030	0.046	-	-	-	-	-	Cu: 1.15, Ni: 0.58	800	
GG	0.135	1.00	2.2	0.008	0.0010	0.002	0.036	-	0.040	-	-	-	-	-	718	
HH	0.070	0.10	1.8	0.006	0.0030	0.003	0.040	-	-	-	-	-	-	-	752	
II	0.190	0.50	2.8	0.060	0.0020	0.002	0.000	0.050	0.030	-	-	-	0.005	-	649	
JJ	0.320	0.01	3.7	0.010	0.0018	0.004	1.800	-	-	-	0.008	-	-	-	597	
KK	0.150	1.90	2.0	0.020	0.0200	0.003	0.300	0.130	-	-	-	-	-	Cr: 1.8	764	
LL	0.150	0.50	2.4	0.008	0.0030	0.005	0.032	-	0.040	-	-	-	-	-	682	
MM	0.050	0.80	0.8	0.080	0.0020	0.008	0.040	0.020	0.130	0.002	-	-	-	-	862	
NN	0.060	0.01	1.3	0.012	0.0020	0.003	0.300	0.022	-	-	-	-	-	Mo: 0.07	802	
OO	0.070	0.50	2.2	0.007	0.0040	0.003	0.035	-	-	-	-	-	-	-	737	
PP	0.080	1.50	2.0	0.009	0.0010	0.004	0.500	-	-	0.003	-	-	-	-	797	
QQ	0.070	0.95	1.3	0.009	0.0010	0.004	0.040	0.035	0.125	0.003	0.003	-	-	V: 0.3	811	
RR	0.050	0.50	1.6	0.009	0.0030	0.002	0.200	-	0.050	-	-	0.005	-	V: 0.05, B: 0.0005	795	
SS	0.120	0.08	2.2	0.008	0.0030	0.002	0.035	-	-	-	-	-	-	-	701	

aa	<u>0.380</u>	1.20	1.4	0.020	0.0030	0.003	0.005	-	0.120	-	-	-	-	-	-	-	-	Cr:2.5	651
bb	0.070	0.10	<u>4.2</u>	<u>0.130</u>	0.0025	0.003	0.030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	628
cc	0.050	1.00	1.0	0.020	0.0030	0.003	0.035	<u>0.200</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	840
dd	<u>0.020</u>	1.00	3.0	0.010	0.0040	0.002	0.300	0.030	0.100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	740
ee	0.070	1.50	1.4	0.010	<u>0.0700</u>	0.003	0.030	-	0.040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	815
ff	0.060	0.10	1.1	0.008	0.0020	<u>0.015</u>	0.030	-	<u>0.200</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	802
gg	0.070	1.00	2.0	0.008	0.0020	0.001	0.030	-	-	<u>0.020</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	790

[Tabla 6]

Tabla 6

Muestra N.º	Símbolo del acero	Laminado en frío		Recocido de láminas laminadas en frío			Estructura inicial			Recalentamiento						Chapado	Observaciones
		Porcentaje de reducción (%)	Temperatura (°C)	Velocidad media de enfriamiento	Fracción de área de perilita (%)	Diámetro medio de perilita (µm)	Fracción de área de ferrita no recristalizada (%)	Velocidad media de calentamiento	Temperatura lograda (°C)	Tiempo de retención (s)	Velocidad media de enfriamiento	Temperatura de parada del enfriamiento					
101	AA	50	800	0.5	23	15.0	3	35	780	2	120	40	CON	Ejemplo comparativo			
102	AA	50	800	4	4	3.5	3	35	780	2	60	40	SIN	Ejemplo de la invención			
103	AA	50	800	4	4	3.5	3	120	780	2	120	40	SIN	Ejemplo de la invención			
104	BB	45	780	6	3	4.1	4	2	780	2	120	40	SIN	Ejemplo comparativo			
105	BB	45	780	6	3	4.1	4	35	780	0	60	40	CON	Ejemplo de la invención			
106	BB	15	780	6	3	12.1	18	35	780	2	60	40	SIN	Ejemplo comparativo			
107	CC	50	700	4	4	12.0	2	35	800	2	120	40	CON	Ejemplo comparativo			
108	CC	50	800	4	4	3.5	2	120	800	2	120	40	SIN	Ejemplo de la invención			
109	CC	50	800	4	4	3.5	2	35	800	2	60	200	SIN	Ejemplo de la invención			
110	DD	45	760	10	1	3.2	2	35	800	9	60	40	CON	Ejemplo comparativo			
111	DD	45	760	10	1	3.2	2	35	800	2	60	40	SIN	Ejemplo de la invención			
112	DD	45	760	10	1	3.2	2	8	900	2	120	40	SIN	Ejemplo de la invención			

113	EE	40	780	6	3	5.1	6	6	120	700	1	150	40	SIN	Ejemplo comparativo
114	EE	40	780	6	3	5.1	6	6	120	780	1	150	40	SIN	Ejemplo de la invención
115	EE	40	780	6	3	5.1	6	6	120	780	0	150	600	SIN	Ejemplo comparativo
116	FF	50	800	4	4	3.6	7	7	120	770	2	150	40	CON	Ejemplo de la invención
117	FF	50	800	4	4	3.6	7	7	35	770	8	70	40	SIN	Ejemplo de la invención
118	GG	50	820	8	2	3.0	2	2	35	790	1	70	40	CON	Ejemplo de la invención
119	GG	50	820	8	2	3.0	2	2	120	790	2	200	40	SIN	Ejemplo de la invención
120	GG	50	820	8	2	3.0	2	2	60	790	4	50	40	SIN	Ejemplo comparativo
121	HH	50	780	2	5	3.8	2	2	120	770	2	150	40	CON	Ejemplo de la invención
122	II	50	850	4	5	4.2	7	7	120	820	2	150	40	SIN	Ejemplo de la invención
123	JJ	50	850	4	6	4.7	2	2	35	770	2	70	40	CON	Ejemplo de la invención
124	KK	50	850	4	5	4.1	8	8	35	800	2	70	40	SIN	Ejemplo de la invención
125	KK	50	850	4	5	4.1	8	8	120	800	2	150	320	SIN	Ejemplo comparativo
126	LL	50	850	4	5	4.1	2	2	35	790	2	100	40	SIN	Ejemplo de la invención
127	MM	45	800	10	1	3.2	4	4	120	790	2	200	40	CON	Ejemplo de la invención

128	MM	45	800	10	1	3.2	4	35	790	2	100	40	SIN	Ejemplo de la invención
129	NN	45	820	15	0	3.1	4	8	790	2	70	40	SIN	Ejemplo de la invención
130	NN	45	820	15	0	3.1	4	35	790	2	70	40	SIN	Ejemplo de la invención
131	NN	45	820	15	0	3.1	4	120	790	2	70	40	SIN	Ejemplo de la invención
132	OO	45	800	2	5	4.9	2	35	<u>750</u>	1	150	40	CON	Ejemplo comparativo
133	OO	45	800	2	5	4.9	2	35	800	1	150	40	CON	Ejemplo de la invención
134	PP	45	820	6	3	4.2	2	35	780	1	150	40	SIN	Ejemplo de la invención
135	QQ	50	800	5	3	3.3	6	35	780	2	200	40	SIN	Ejemplo de la invención
135	RR	45	780	4	4	4.3	2	25	780	0	100	300	SIN	Ejemplo de la invención
137	RR	45	780	4	4	4.3	2	120	780	0	100	300	SIN	Ejemplo de la invención
138	SS	45	780	2	5	5.0	2	25	770	1	150	300	CON	Ejemplo de la invención
139	<u>aa</u>	50	760	4	<u>18</u>	<u>13.0</u>	2	30	770	0	100	450	CON	Ejemplo comparativo
140	<u>bb</u>	50	760	4	4	3.3	<u>22</u>	60	770	0	100	450	SIN	Ejemplo comparativo
141	<u>cc</u>	50	760	4	4	3.2	<u>22</u>	30	770	0	100	450	SIN	Ejemplo comparativo
142	<u>dd</u>	50	760	4	3	3.1	5	60	770	0	100	450	SIN	Ejemplo comparativo

143	ee	50	760	4	4	4	3.3	2	30	800	0	100	450	CON	Ejemplo comparativo
144	ff	50	760	4	4	4	3.2	<u>16</u>	60	800	0	100	450	SIN	Ejemplo comparativo
145	gg	50	760	4	4	4	3.3	2	30	770	0	100	450	SIN	Ejemplo comparativo
146	CC	70	760	0.5	<u>12</u>	4	2.6	1	60	800	7	150	270	SIN	Ejemplo comparativo
147	CC	50	800	4	4	4	3.5	2	<u>130</u>	800	7	150	270	SIN	Ejemplo comparativo
148	CC	50	800	4	4	4	3.5	2	60	<u>830</u>	7	150	270	SIN	Ejemplo comparativo
149	CC	50	800	4	4	4	3.5	2	60	770	0	150	270	SIN	Ejemplo de la invención

Para cada una de las láminas de acero de alta resistencia, se identificó la microestructura y se identificó la configuración de martensita. Estos resultados se presentan en la Tabla 7. Un subrayado en la Tabla 7 indica que el número se desvía de un intervalo de la presente invención.

[Tabla 7]

Tabla 7

Muestra N.º	Símbolo del acero	Microestructura (% de área)					Configuración				Observaciones
		Martensita	Ferrita	Perlita	Ferrita no recristalizada	Diámetro medio (µm)	Porcentaje de tipo abultado (%)	Relación de área			
101	AA	<u>4</u>	70	<u>9</u>	3	1.4	86	1.2	Ejemplo comparativo		
102	AA	10	77	1	3	1.7	86	1.2	Ejemplo de la invención		
103	AA	15	68	1	3	1.5	86	1.2	Ejemplo de la invención		
104	BB	23	58	1	4	<u>10.4</u>	85	1.1	Ejemplo comparativo		
105	BB	27	55	1	4	2.2	84	1.2	Ejemplo de la invención		
106	BB	22	55	<u>6</u>	<u>18</u>	<u>3.5</u>	86	1.2	Ejemplo comparativo		
107	CC	8	74	<u>6</u>	2	2.0	88	1.2	Ejemplo comparativo		
108	CC	17	66	1	2	1.6	88	1.2	Ejemplo de la invención		
109	CC	12	74	1	2	1.9	88	1.2	Ejemplo de la invención		
110	DD	14	74	0	2	<u>4.1</u>	<u>35</u>	1.3	Ejemplo comparativo		
111	DD	14	74	0	2	2.0	88	1.2	Ejemplo de la invención		
112	DD	10	76	0	2	2.9	88	1.2	Ejemplo de la invención		
113	EE	<u>4</u>	70	<u>11</u>	6	1.1	<u>7</u>	<u>0.5</u>	Ejemplo comparativo		
114	EE	33	43	1	6	2.0	85	1.2	Ejemplo de la invención		
115	EE	19	43	<u>15</u>	6	1.4	84	1.2	Ejemplo comparativo		
116	FF	32	45	1	7	2.0	85	1.2	Ejemplo de la invención		
117	FF	28	53	1	7	2.8	75	1.2	Ejemplo de la invención		
118	GG	45	30	1	2	2.6	86	1.2	Ejemplo de la invención		

119	GG	48	21	1	2		2.6	87		1.2	Ejemplo de la invención
120	GG	<u>3</u>	27	<u>20</u>	2		1.3	90		1.2	Ejemplo comparativo
121	HH	15	67	1	2		1.6	85		1.2	Ejemplo de la invención
122	II	49	21	1	7		1.3	91		1.3	Ejemplo de la invención
123	JJ	24	57	1	2		2.3	85		1.2	Ejemplo de la invención
124	KK	45	30	1	8		2.9	88		1.2	Ejemplo de la invención
125	KK	<u>4</u>	21	1	8		0.9	89		1.3	Ejemplo comparativo
126	LL	51	22	0	2		2.4	87		1.2	Ejemplo de la invención
127	MM	26	52	0	4		1.8	87		1.2	Ejemplo de la invención
128	MM	22	61	0	4		2.1	87		1.2	Ejemplo de la invención
129	NN	9	78	1	4		2.7	87		1.2	Ejemplo de la invención
130	NN	11	76	1	4		1.7	87		1.2	Ejemplo de la invención
131	NN	17	67	1	4		1.5	87		1.2	Ejemplo de la invención
132	OO	<u>4</u>	92	1	2		1.4	<u>20</u>		<u>0.4</u>	Ejemplo comparativo
133	OO	25	54	1	2		2.3	87		1.2	Ejemplo de la invención
134	PP	7	77	1	2		1.5	83		1.2	Ejemplo de la invención
135	QQ	21	58	1	6		2.1	84		1.2	Ejemplo de la invención
136	RR	23	70	1	2		2.4	82		1.1	Ejemplo de la invención
137	RR	23	70	1	2		1.6	82		1.2	Ejemplo de la invención
138	SS	8	63	4	2		1.9	84		1.2	Ejemplo de la invención
139	<u>aa</u>	65	<u>15</u>	0	2		4.0	81		1.1	Ejemplo comparativo
140	<u>bb</u>	32	<u>17</u>	0	<u>22</u>		2.2	81		1.1	Ejemplo comparativo

141	<u>cc</u>	36	55	0	<u>22</u>		2.5	83	1.1	Ejemplo comparativo
142	<u>dd</u>	4	95	0	5		1.1	84	1.2	Ejemplo comparativo
143	<u>ee</u>	12	85	0	2		1.8	86	1.2	Ejemplo comparativo
144	<u>ff</u>	24	70	0	16		1.8	86	1.2	Ejemplo comparativo
145	<u>gg</u>	28	65	0	2		2.5	81	1.1	Ejemplo comparativo
146	CC	<u>3</u>	72	1	1		1.8	<u>57</u>	<u>0.8</u>	Ejemplo comparativo
147	CC	<u>3</u>	70	1	2		1.5	<u>44</u>	<u>0.7</u>	Ejemplo comparativo
148	CC	13	70	1	2		<u>4.1</u>	<u>40</u>	<u>0.6</u>	Ejemplo comparativo
149	CC	11	73	1	2		1.4	70	1.0	Ejemplo de la invención

ES 2 784 699 T3

Además, se realizó un ensayo de tracción en cada una de las láminas de acero de alta resistencia según la JIS Z 2241, y se midieron la resistencia a la tracción TS, la elongación EL y la reducción de área RA. Estos resultados se presentan en la Tabla 8. Un subrayado en la Tabla 8 indica que el valor se desvía de un intervalo deseable.

[Tabla 8]

5 Tabla 8

Muestra N.º	Símbolo del acero	Propiedades mecánicas				Observaciones
		Resistencia a la tracción TS (N/mm ²)	Elongación EL (%)	TS × EL (N/mm ² %)	Reducción de área RA	
101	AA	565	25.2	<u>14241</u>	<u>0.29</u>	Ejemplo comparativo
102	AA	599	32.5	19483	0.59	Ejemplo de la invención
103	AA	621	31.4	19505	0.58	Ejemplo de la invención
104	BB	795	21.0	<u>16695</u>	<u>0.40</u>	Ejemplo comparativo
105	BB	816	23.3	18990	0.54	Ejemplo de la invención
106	BB	791	21.5	<u>17013</u>	<u>0.27</u>	Ejemplo comparativo
107	CC	599	25.0	<u>14974</u>	<u>0.31</u>	Ejemplo comparativo
108	CC	644	30.6	19739	0.58	Ejemplo de la invención
109	CC	622	31.7	19721	0.59	Ejemplo de la invención
110	DD	631	24.3	<u>15323</u>	<u>0.38</u>	Ejemplo comparativo
111	DD	631	31.2	19648	0.60	Ejemplo de la invención
112	DD	611	32.2	19694	0.60	Ejemplo de la invención
113	EE	728	21.0	<u>15281</u>	<u>0.10</u>	Ejemplo comparativo
114	EE	871	23.0	20027	0.53	Ejemplo de la invención
115	EE	802	21.2	<u>17003</u>	<u>0.19</u>	Ejemplo comparativo
116	FF	858	22.8	19525	0.53	Ejemplo de la invención
117	FF	837	22.4	18750	0.56	Ejemplo de la invención
118	GG	965	20.5	19813	0.50	Ejemplo de la invención
119	GG	979	20.3	19848	0.50	Ejemplo de la invención
120	GG	752	20.0	<u>15032</u>	<u>0.33</u>	Ejemplo comparativo
121	HH	642	29.8	19117	0.58	Ejemplo de la invención
122	II	1277	15.5	19841	0.51	Ejemplo de la invención
123	JJ	736	25.9	19072	0.55	Ejemplo de la invención
124	KK	960	19.8	19045	0.51	Ejemplo de la invención
125	KK	753	19.0	<u>14298</u>	<u>0.38</u>	Ejemplo comparativo
126	LL	1135	18.0	20457	0.50	Ejemplo de la invención
127	MM	755	25.0	18844	0.56	Ejemplo de la invención
128	MM	736	25.6	18839	0.57	Ejemplo de la invención
129	NN	595	32.5	19364	0.60	Ejemplo de la invención

130	NN	605	31.9	19289	0.59	Ejemplo de la invención
131	NN	637	30.4	19336	0.58	Ejemplo de la invención
132	OO	699	23.0	<u>16072</u>	<u>0.20</u>	Ejemplo comparativo
133	OO	803	24.0	19279	0.55	Ejemplo de la invención
134	PP	587	31.4	18424	0.59	Ejemplo de la invención
135	QQ	765	25.6	19612	0.56	Ejemplo de la invención
136	RR	673	28.9	19464	0.55	Ejemplo de la invención
137	RR	673	28.8	19383	0.55	Ejemplo de la invención
138	SS	797	24.9	19845	0.56	Ejemplo de la invención
139	Aa	700	14.0	<u>9794</u>	<u>0.21</u>	Ejemplo comparativo
140	Bb	1104	7.7	<u>8497</u>	<u>0.29</u>	Ejemplo comparativo
141	cc	956	9.8	<u>9374</u>	<u>0.29</u>	Ejemplo comparativo
142	dd	<u>439</u>	37.0	<u>16248</u>	<u>0.44</u>	Ejemplo comparativo
143	ee	611	15.5	<u>9471</u>	<u>0.36</u>	Ejemplo comparativo
144	ff	642	13.0	<u>8341</u>	<u>0.33</u>	Ejemplo comparativo
145	gg	790	11.3	<u>8926</u>	<u>0.30</u>	Ejemplo comparativo
146	CC	564	25.1	<u>14155</u>	<u>0.34</u>	Ejemplo comparativo
147	CC	609	27.7	<u>16873</u>	<u>0.31</u>	Ejemplo comparativo
148	CC	635	26.5	<u>16838</u>	<u>0.27</u>	Ejemplo comparativo
149	CC	612	29.2	17284	0.47	Ejemplo de la invención

Como se presenta en la Tabla 8, en cuanto a la muestra N.º 102 a N.º 103, N.º 105, N.º 108 a N.º 109, N.º 111 - N.º 112, N.º 114, N.º 116 - N.º 119, No 121 - N.º 124, N.º 126 a N.º 131, N.º 133 a N.º 138 y N.º 149, se obtuvieron excelentes resistencia a la tracción y reducción de área, y el equilibrio entre la resistencia a la tracción y la elongación también fue bueno.

5

Por otra parte, en cuanto a la muestra N.º 101, la fracción de área de perlita era demasiado alta y el diámetro medio de los granos de perlita era demasiado grande en la lámina de acero, la fracción de área de martensita era demasiado baja y la fracción de área de perlita era demasiado alta en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA. La razón por la que la fracción de área de perlita en la lámina de acero era demasiado alta y el diámetro medio de los granos de perlita era demasiado grande es que la velocidad media de enfriamiento del recocido de la lámina laminada en frío era demasiado baja.

10

En cuanto a la muestra N.º 104, dado que la velocidad media de calentamiento del recalentamiento era baja, el diámetro medio de los granos de martensita en la lámina de acero de alta resistencia era demasiado grande. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

15

En cuanto a la muestra N.º 106, dado que el diámetro medio de los granos de perlita era demasiado grande y la fracción de área de ferrita no recristalizada era demasiado alta en la lámina de acero, la fracción de área de perlita era demasiado alta y el diámetro medio de los granos de martensita era demasiado grande en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA. La razón por la que el diámetro medio de la perlita en la lámina de acero era demasiado grande y la fracción de área de ferrita no recristalizada era demasiado alta es que la reducción por laminado del laminado en frío era demasiado baja.

20

En cuanto a la muestra N.º 107, dado que el diámetro medio de los granos de perlita en la lámina de acero era grande, la fracción de área de perlita en la lámina de acero de alta resistencia era demasiado alta. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA. La razón por la que el diámetro medio de la

perlita en la lámina de acero era demasiado grande es que la temperatura de recocido de la lámina laminada en frío era demasiado baja.

5 En cuanto a la muestra N.º 110, dado que el tiempo de retención del recalentamiento era demasiado largo, el diámetro medio de los granos de martensita en la lámina de acero de alta resistencia era demasiado grande. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

En cuanto a la muestra N.º 113, la temperatura de recalentamiento alcanzada era demasiado baja, la fracción de área de martensita era demasiado baja, la fracción de área de perlita era demasiado alta y el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado era demasiado bajo en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

10 En cuanto a la muestra N.º 115, dado que la temperatura de parada del enfriamiento del recalentamiento era demasiado alta, la fracción de área de perlita en la lámina de acero de alta resistencia era demasiado alta. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

15 En cuanto a la muestra N.º 120, la velocidad media de enfriamiento del recalentamiento era demasiado baja, la fracción de área de martensita era demasiado baja y la fracción de área de perlita era demasiado alta en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

En cuanto a la muestra N.º 125, dado que la temperatura de parada del enfriamiento del recalentamiento era demasiado alta, la fracción de área de martensita en la lámina de acero de alta resistencia era demasiado baja. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

20 En cuanto a la muestra N.º 132, dado que la temperatura alcanzada de recalentamiento era demasiado baja, la fracción de área de martensita era demasiado baja y el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado era demasiado bajo en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

25 En cuanto a la muestra N.º 138 - muestra N.º 145, dado que la composición química estaba fuera del intervalo de la presente invención, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

30 En cuanto a la muestra N.º 146, dado que la fracción de área de perlita en la lámina de acero era demasiado alta, la fracción de área de martensita era demasiado baja, el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado era demasiado bajo y la proporción de área específica era demasiado baja en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA. La razón por la que la fracción de área de perlita en la lámina de acero era demasiado alta es que la velocidad media de enfriamiento del recocido de la lámina laminada en frío era demasiado baja.

35 En cuanto a la muestra N.º 147, dado que la velocidad media de calentamiento del recalentamiento era demasiado alta, la fracción de área de martensita era demasiado baja, el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado era demasiado bajo y la proporción de área específica era demasiado baja en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

40 En cuanto a la muestra N.º 148, dado que la temperatura de recalentamiento alcanzada era demasiado alta, el diámetro medio de martensita era demasiado grande, el porcentaje de granos de martensita de tipo abultado era demasiado bajo y la proporción de área específica era demasiado baja en la lámina de acero de alta resistencia. Por esta razón, no se pudo obtener un buen producto (TS × EL) y reducción de área RA.

45 La Fig. 9 ilustra la relación entre la resistencia a la tracción y la elongación de los ejemplos de la invención y ejemplos comparativos, y la Fig. 10 ilustra la relación entre la resistencia a la tracción y la reducción de área. Como se ilustra en la Fig. 9, si la resistencia a la tracción fuera sustancialmente igual, la elongación más alta se podría obtener en los ejemplos de la invención. Como se ilustra en la Fig. 10, si la resistencia a la tracción fuera sustancialmente igual, la excelente reducción del área se podría obtener en los ejemplos de la invención.

Aplicabilidad industrial

La presente invención se puede aplicar, por ejemplo, a industrias relacionadas con una lámina de acero de alta resistencia adecuada para piezas de automóviles.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero de alta resistencia, comprendiendo:
una composición química representada por, en % en masa:
- C: de 0.03% a 0.35%;
- 5 Si: de 0.01% a 2.0%;
- Mn: de 0.3% a 4.0%;
- Al: de 0.01% a 2.0%;
- P: 0.10% o menos;
- S: 0.05% o menos;
- 10 N: 0.010% o menos;
- Cr: de 0.0% a 3.0%;
- Mo: de 0.0% a 1.0%;
- Ni: de 0.0% a 3.0%;
- Cu: de 0.0% a 3.0%;
- 15 Nb: de 0.0% a 0.3%;
- Ti: de 0.0% a 0.3%;
- V: de 0.0% a 0.5%;
- B: de 0.0% a 0.1%;
- Ca: de 0.00% a 0.01%;
- 20 Mg: de 0.00% a 0.01%;
- Zr: de 0.00% a 0.01%;
- REM: de 0.00% a 0.01%; y
- el resto: Fe e impurezas, y
- una microestructura representada por, en % en área,
- 25 martensita: 5% o más;
- ferrita: 20% o más; y
- perlita: 5% o menos,
- en la que
- un diámetro medio de grano de martensita es de 4 μm o menos de diámetro del círculo equivalente,
- 30 una relación del número de granos de martensita de tipo abultado al número de granos de martensita en los puntos triples de borde de grano de una matriz es 70% o más, en la que:
- el grano de martensita de tipo abultado está en uno de los puntos triples de borde de grano de la matriz; y
- por lo menos uno de los bordes de grano del grano de martensita de tipo abultado, los bordes de grano que conectan dos puntos triples de borde de grano adyacentes del grano de martensita de tipo abultado y los granos de la matriz, tienen una curvatura convexa hacia un lado exterior con respecto a los segmentos de línea que conectan
- 35 los dos puntos triples de borde de grano adyacentes, y
- una relación de área representada por $VM/A0$ es 1.0 o más, en la que:
- VM denota un área total de los granos de martensita en los puntos triples de borde de grano de la matriz; y

A0 denota un área total de polígonos compuestos por los segmentos de línea que conectan dos puntos triples de borde de grano adyacentes de los granos de martensita.

5 2. La lámina de acero de alta resistencia según la reivindicación 1, en la que un diámetro medio D_s de ferrita en una porción de capa superficial de una superficie de la lámina de acero de alta resistencia a una profundidad $4 \times D_o$ no es más del doble de un diámetro medio D_o , en la que el diámetro medio D_o es un diámetro medio de ferrita en una región en la que una profundidad desde la superficie de la lámina de acero de alta resistencia es $1/4$ de un grosor de la lámina de acero de alta resistencia.

3. La lámina de acero de alta resistencia según la reivindicación 1 o 2, en la que una fracción de área de ferrita no recristalizada es 10% o menos en la microestructura.

10 4. La lámina de acero de alta resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que, en la composición química, se satisface

Cr: de 0.05% a 3.0%,

Mo: de 0.05% a 1.0%,

Ni: de 0.05% a 3.0%, o

15 Cu: de 0.05% a 3.0%,

o cualquier combinación de los mismos.

5. La lámina de acero de alta resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que, en la composición química, se satisface

Nb: de 0.005% a 0.3%,

20 Ti: de 0.005% a 0.3%, o

V: de 0.01% a 0.5%,

o cualquier combinación de los mismos.

6. La lámina de acero de alta resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que, en la composición química, se satisface B: de 0.0001% a 0.1%.

25 7. La lámina de acero de alta resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que, en la composición química, se satisface

Ca: de 0.0005% a 0.01%,

Mg: de 0.0005% a 0.01%,

Zr: de 0.0005% a 0.01%, o

30 REM: de 0.0005% a 0.01%,

o cualquier combinación de los mismos.

8. Un método de fabricación de una lámina de acero de alta resistencia, comprendiendo las etapas de:

preparar una lámina de acero;

35 recalentar la lámina de acero a una primera temperatura de 770 °C a 820 °C a una velocidad media de calentamiento de 3 °C/s a 120 °C/s; y

a continuación, enfriar la lámina de acero a una segunda temperatura de 300 °C o menos a una velocidad media de enfriamiento de 60 °C/s o más,

en el que

40 una fracción de área de perlita es 10% o menos, una fracción de área de ferrita no recristalizada es 10% o menos, y un diámetro medio de grano de perlita de diámetro del círculo equivalente es 10 μm o menos en la lámina de acero,

un diámetro medio D_s de ferrita en una porción de capa superficial desde una superficie de la lámina de acero hasta una profundidad $4 \times D_o$ no es más del doble de un diámetro medio D_o , en el que el diámetro medio D_o es un diámetro medio de ferrita en una región en la que una profundidad desde la superficie de la lámina de acero es $1/4$ de un grosor de la lámina de acero,

el enfriamiento a la segunda temperatura se inicia en 8 segundos una vez que la temperatura de la lámina de acero llega a la primera temperatura, y

la lámina de acero comprende una composición química representada por, en % en masa:

C: de 0.03% a 0.35%;

5 Si: de 0.01% a 2.0%;

Mn: de 0.3% a 4.0%;

Al: de 0.01% a 2.0%;

P: 0.10% o menos;

S: 0.05% o menos;

10 N: 0.010% o menos;

Cr: de 0.0% a 3.0%;

Mo: 0.0% a 1.0%;

Ni: de 0.0% a 3.0%;

Cu: de 0.0% a 3.0%;

15 Nb: de 0.0% a 0.3%;

Ti: de 0.0% a 0.3%;

V: de 0.0% a 0.5%;

B: de 0.0% a 0.1%;

Ca: de 0.00% a 0.01%;

20 Mg: de 0.00% a 0.01%;

Zr: de 0.00% a 0.01%;

REM: de 0.00% a 0.01%; y

el resto: Fe e impurezas.

25 9. El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según la reivindicación 8, en el que la etapa de preparar la lámina de acero comprende la etapa de laminado en caliente y enfriamiento de un planchón, en el que la temperatura de laminado es de "punto Ar3 + 10 °C" a 1000 °C, y un porcentaje de reducción total es 15% o más en las dos últimas cajas de laminado de acabado en el laminado en caliente, y

una temperatura de parada del enfriamiento es 550 °C o menos del enfriamiento en la etapa de preparación de la lámina de acero.

30 10. El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según la reivindicación 8, en el que la etapa de preparar la lámina de acero comprende las etapas de:

laminado en caliente de un planchón para obtener una lámina de acero laminado en caliente; y

laminado en frío, recocido y enfriamiento de la lámina de acero laminado en caliente, en el que

un porcentaje de reducción en el laminado en frío es 30% o más,

35 una temperatura del recocido es de 730 °C a 900 °C, y

una velocidad media de enfriamiento desde la temperatura de recocido hasta 600 °C es de 1.0 °C/s a 20 °C/segundo en el enfriamiento en la etapa de preparación de la lámina de acero.

11. El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que, en la composición química, se satisface

40 Cr: de 0.05% a 3.0%,

Mo: de 0.05% a 1.0%,

Ni: de 0.05% a 3.0%, o

Cu: de 0.05% a 3.0%,

o cualquier combinación de los mismos.

- 5 12. El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que, en la composición química, se satisface

Nb: de 0.005% a 0.3%,

Ti: de 0.005% a 0.3%, o

V: de 0.01% a 0.5%,

- 10 o cualquier combinación de los mismos.

13. El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en el que, en la composición química, se satisface B: de 0.0001% a 0.1%.

14. El método de fabricación de la lámina de acero de alta resistencia según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en el que, en la composición química, se satisface

- 15 Ca: de 0.0005% a 0.01%,

Mg: de 0.0005% a 0.01%,

Zr: de 0.0005% a 0.01%, o

REM: 0.0005% a 0.01%,

o cualquier combinación de los mismos.

FIG. 1A

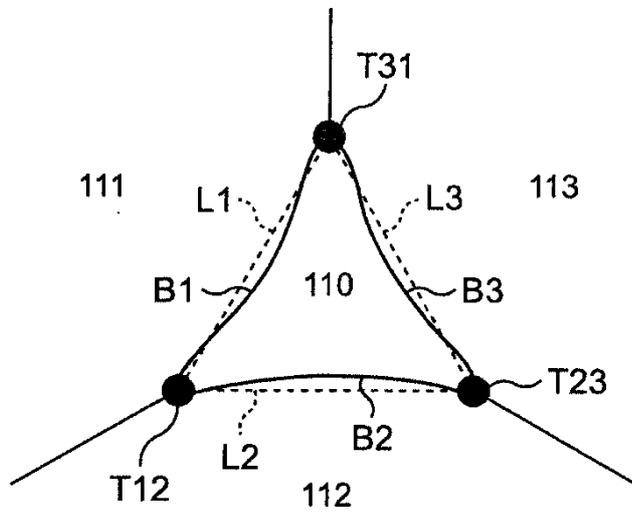


FIG. 1B

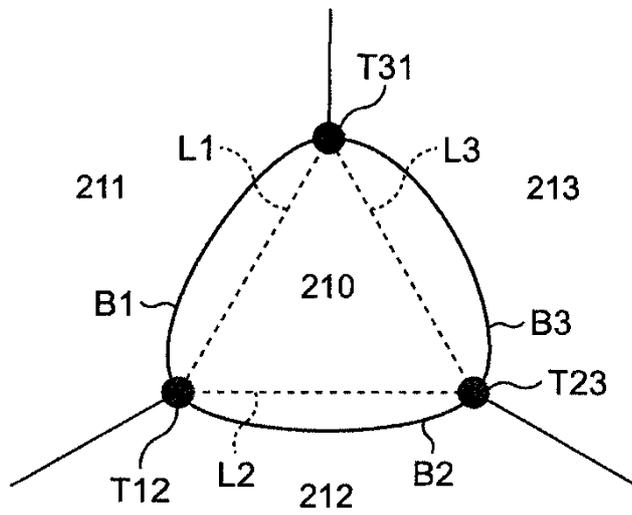


FIG. 2

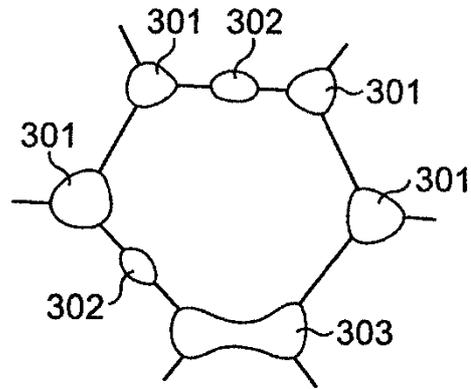


FIG. 3

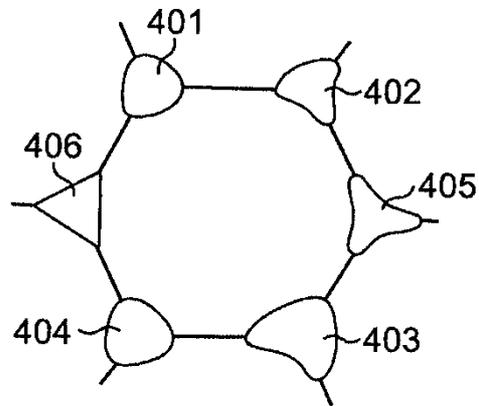


FIG. 4A

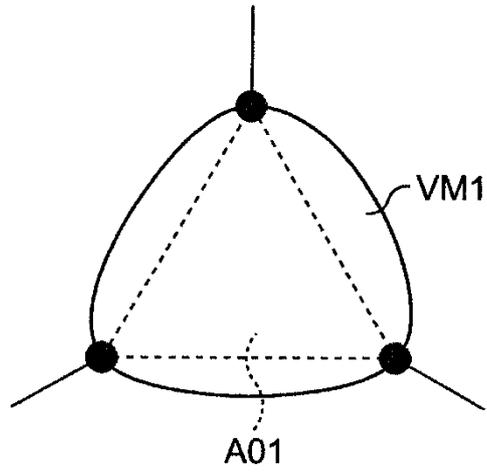


FIG. 4B

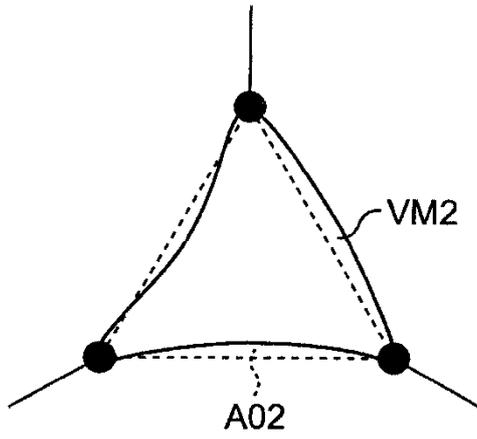


FIG. 4C

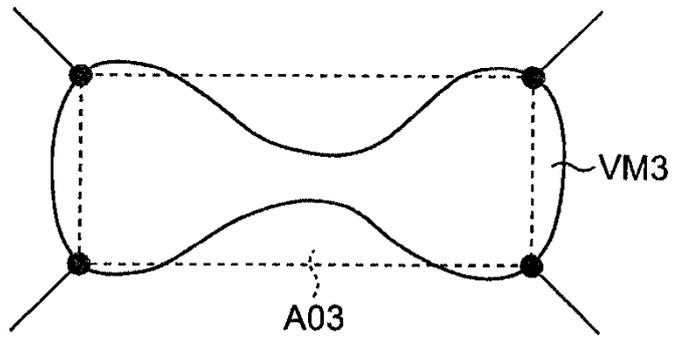


FIG. 5

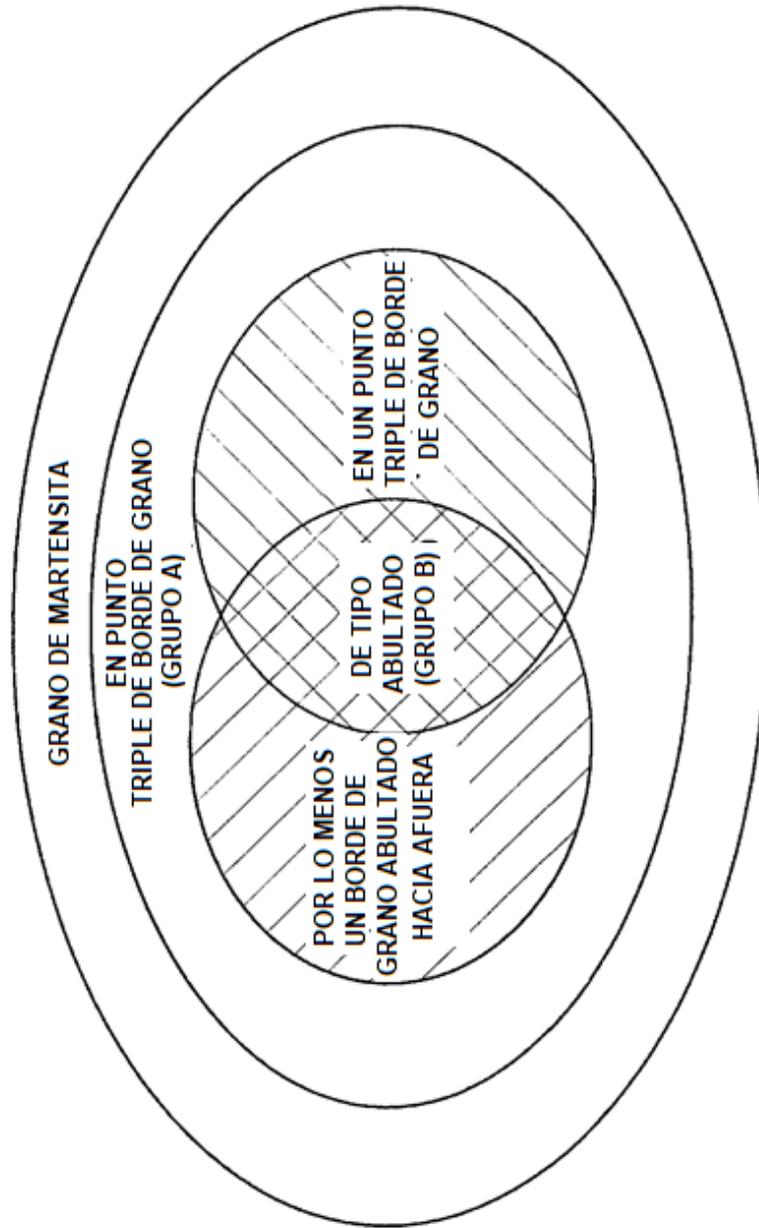


FIG. 6A

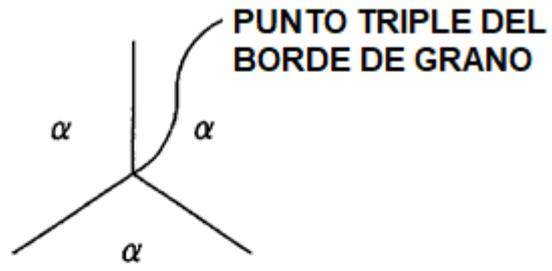


FIG. 6B

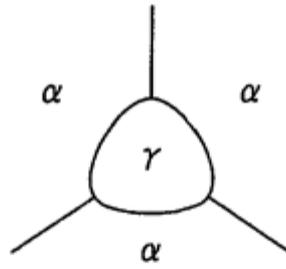


FIG. 6C

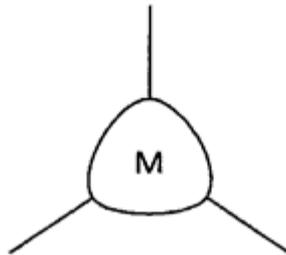


FIG. 7

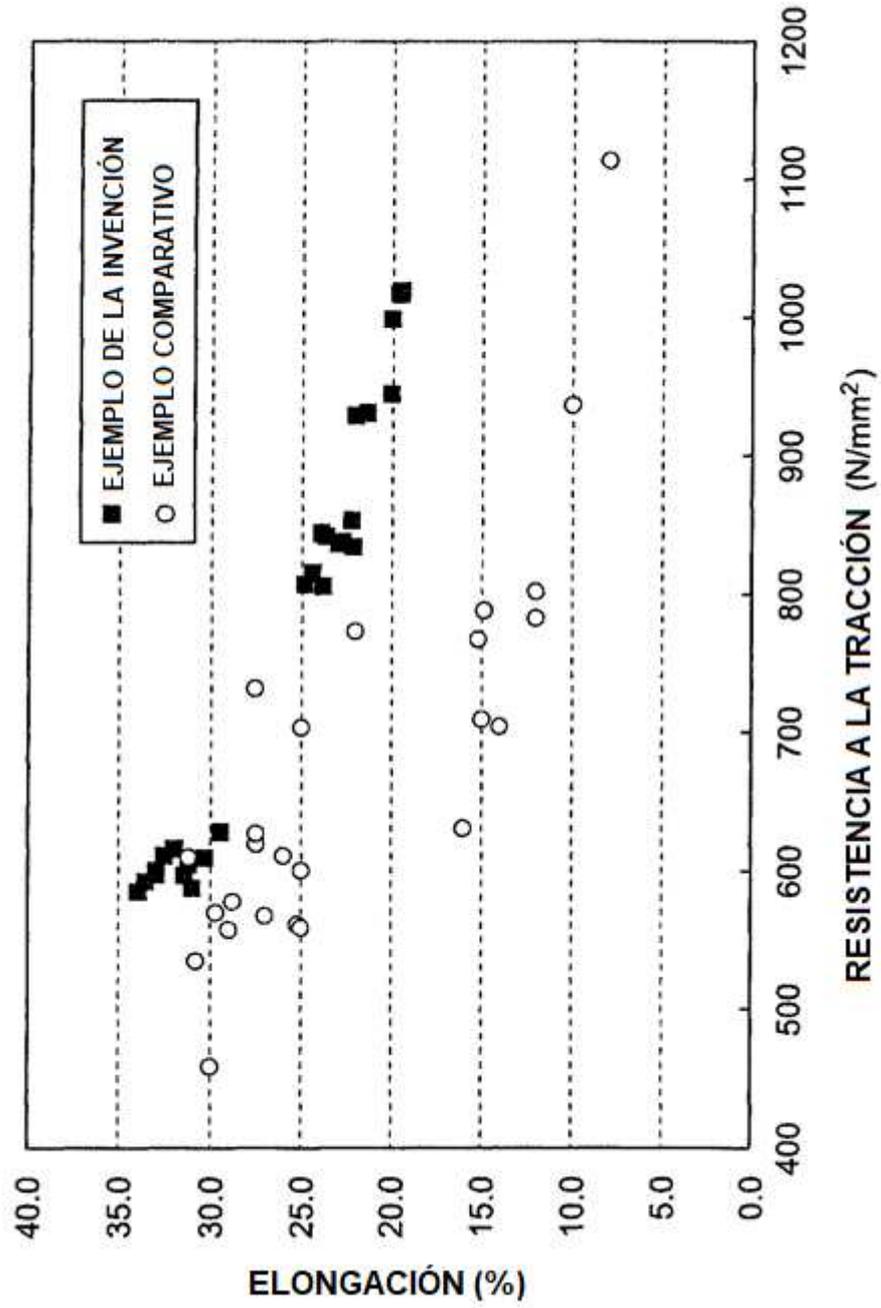


FIG. 8

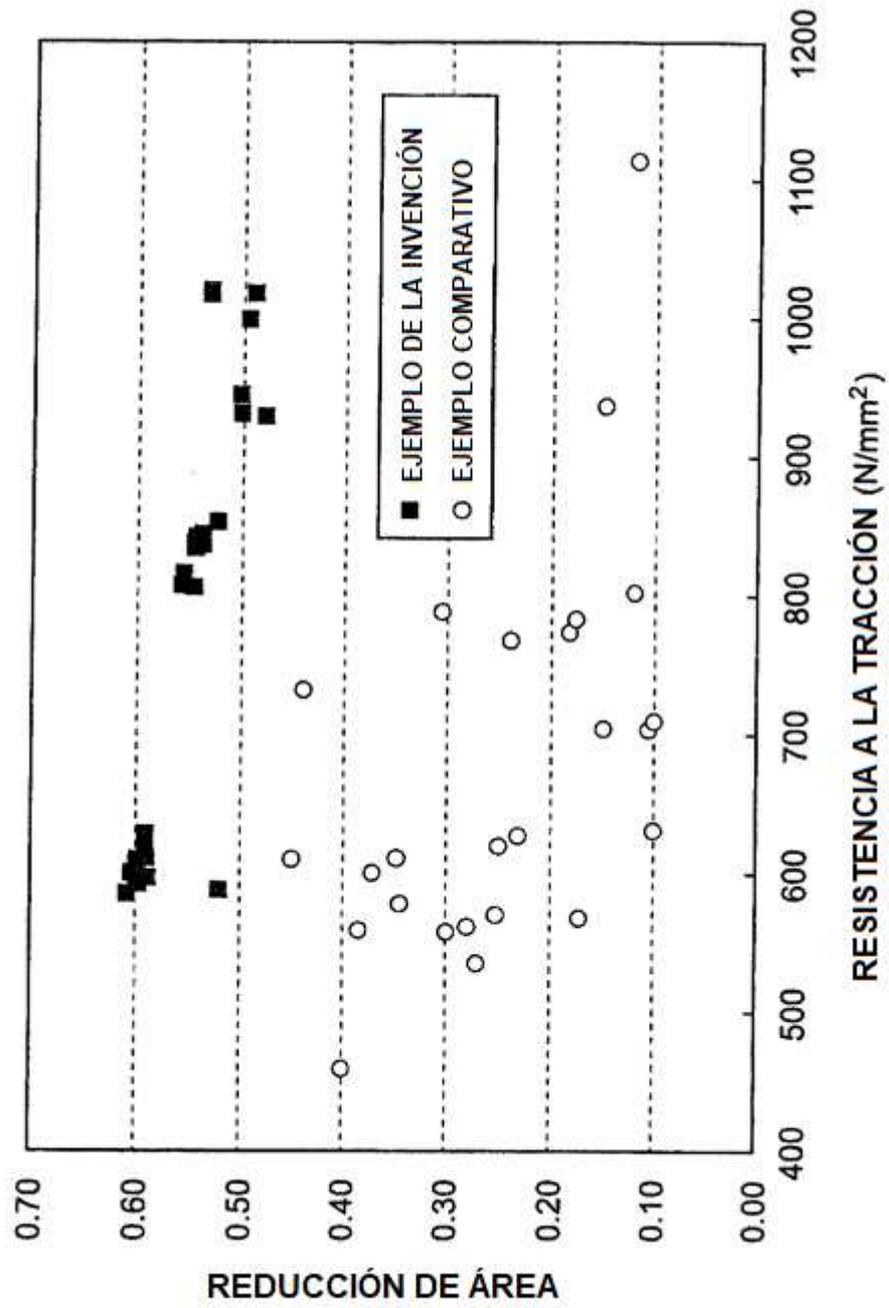


FIG. 9

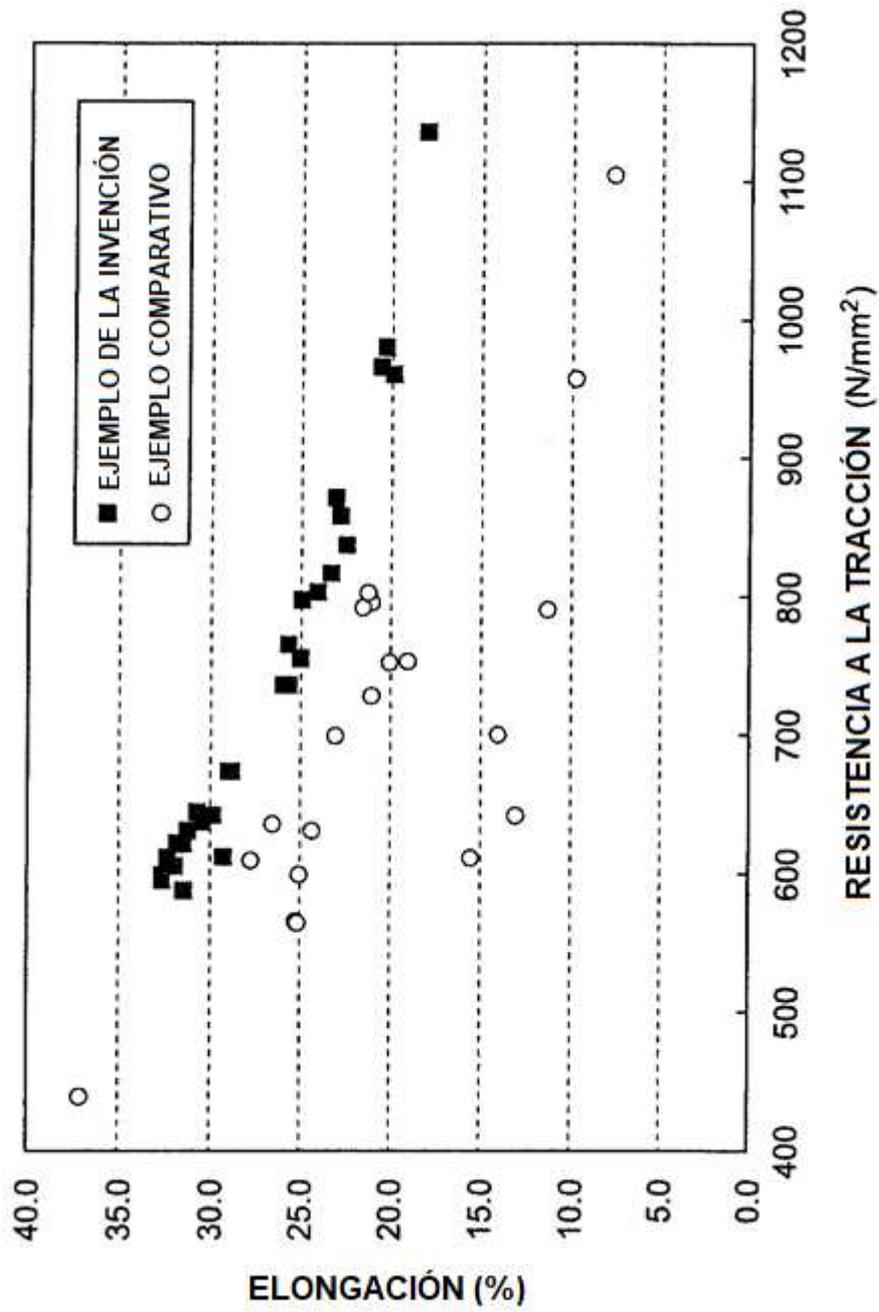


FIG. 10

