

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 275**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/14 (2006.01)

C22C 38/38 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2001 PCT/JP2001/09469**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.05.2002 WO02036840**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2001 E 01980929 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 1338665**

54 Título: **Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia y método para la fabricación de la misma**

30 Prioridad:

31.10.2000 JP 2000331681

31.10.2000 JP 2000331682

31.01.2001 JP 2001022726

20.02.2001 JP 2001044351

20.02.2001 JP 2001044352

20.02.2001 JP 2001044354

20.02.2001 JP 2001044355

18.09.2001 JP 2001282774

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.11.2018

73 Titular/es:

JFE STEEL CORPORATION (100.0%)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo, 100-0011, JP

72 Inventor/es:

FUNAKAWA, YOSHIMASA;
SHIOZAKI, TSUYOSHI;
TOMITA, KUNIKAZU;
SAITO, TAKANOBU;
NAKATA, HIROSHI;
SATO, KAORU;
SUWA, MINORU;
YAMAMOTO, TETSUO;
MURAO, YASUHIRO y
MAEDA, EEIJI

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 690 275 T3

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

DESCRIPCIÓN

Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia y método para la fabricación de la misma

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una chapa de acero de alta resistencia adecuada para piezas de chasis automovilístico o similares y, más particularmente, a una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que tiene resistencia a la tracción no inferior a 550 MPa, y a un método para la fabricación de la misma.

10

Técnica anterior

Desde el punto de vista del mayor ahorro de combustible que conduce a la protección medioambiental, se han desarrollado chapas de acero laminado en caliente para automóviles, que tienen mayor resistencia a la tracción y menor grosor. En particular, se ha demandado mayor resistencia a la tracción y menor grosor para chapas de acero laminado en caliente usadas para piezas de chasis automovilístico tales como un brazo de suspensión, para el que se obtiene un gran efecto de mayor resistencia a la tracción y menor grosor. Por otro lado, dado que las piezas de chasis automovilístico tienen una forma intrincada, se requiere que la chapa de acero laminado usada para las mismas tenga elongación alta y excelente capacidad de formación de reborde por estiramiento así como alta resistencia a la tracción.

De manera convencional, se han propuesto diversos tipos de chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia usadas para piezas de chasis automovilístico. Por ejemplo, el documento JP-A-4-329848 ha divulgado una chapa de acero de fase dual que tiene una propiedad de rotura por fatiga y capacidad de formación de reborde por estiramiento excelentes, que consiste en una estructura de ferrita y una segunda fase (perlita, bainita, martensita, austenita retenida, etc.). Sin embargo, no puede obtenerse capacidad de formación de reborde por estiramiento suficiente debido a la existencia de la segunda fase dura.

El documento JP-A-6-172924 ha propuesto una chapa de acero que tiene excelente capacidad de formación de reborde por estiramiento, que tiene una estructura de ferrita bainítica con densidad de dislocación alta. Sin embargo, no puede obtenerse elongación suficiente debido a la existencia de la estructura de ferrita bainítica con densidad de dislocación alta.

El documento JP-A-6-200351 ha propuesto una chapa de acero, que consiste principalmente en una estructura de ferrita poligonal, que tiene excelente capacidad de formación de reborde por estiramiento y se proporciona con alta resistencia a la tracción utilizando endurecimiento por precipitación debido a TiC o endurecimiento por disolución sólida. Sin embargo, no pueden obtenerse elongación alta y excelente capacidad de formación de reborde por estiramiento de manera sostenida debido a que debe añadirse mucho Ti y por tanto se producen fácilmente precipitados gruesos.

El documento JP-A-7-11382 ha propuesto una chapa de acero que tiene excelente capacidad de formación de reborde por estiramiento, que tiene una estructura de ferrita acicular en la que se precipita TiC o NbC fino. Sin embargo, no puede obtenerse elongación suficiente debido a la existencia de la estructura de ferrita acicular con densidad de dislocación alta.

El documento JP-A-11-152544 ha propuesto una chapa de acero en la que el tamaño de grano de ferrita se controla para ser tan fino como 2 μm o menos añadiendo Ti, Nb, V y Mo. Sin embargo, la elongación alta no puede obtenerse debido al tamaño de grano fino de ferrita de 2 μm o menos.

50 **Divulgación de la invención**

Un objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que tiene alta resistencia a la tracción no inferior a 550 MPa, elongación alta, y excelente capacidad de formación de reborde por estiramiento, que es adecuada para piezas de chasis automovilístico conformadas intrincadamente y un método para la fabricación de la misma.

El objeto de la presente invención puede lograrse mediante una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que contiene el 0,15% o menos de C, del 0,02 al 0,35% de Ti, y del 0,05 al 0,7% de Mo en porcentaje en peso y que consiste esencialmente en una matriz de fase única de estructura de ferrita y precipitados finos con un tamaño de grano menor de 10 nm dispersos en la matriz. Más concretamente, el objeto de la misma puede lograrse mediante la chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que es según se define en la reivindicación 1. Se describen realizaciones preferidas en las subreivindicaciones.

Las chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia pueden elaborarse, por ejemplo, mediante un método que comprende las etapas de: producir una chapa de acero laminado en caliente laminando en caliente un planchón de acero que tiene las composiciones descritas anteriormente a una temperatura de punto de transformación de Ar3

o mayor; y enrollar la chapa de acero laminado en caliente a una temperatura de 550 a 700 °C.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La figura 1 es un gráfico que muestra la relación entre TS y el número por volumen unitario de carburos finos;
la figura 2 es un gráfico que muestra la relación entre el tamaño de grano de carburo de Fe y λ ;
la figura 3 es un gráfico que muestra la relación entre el porcentaje en volumen de carburo de Fe y λ ;
10 la figura 4 es un gráfico que muestra la relación entre el contenido de Si y Mo y la propiedad de superficie;
la figura 5 es un gráfico que muestra la relación entre $TS \times EL / t^{0.2}$ y la conformabilidad por prensado; y
15 la figura 6 es un gráfico que muestra la relación entre el contenido en C en disolución sólida y EL.

Realización para llevar a cabo la invención

20 Los inventores llevaron a cabo estudios sobre la elongación y la capacidad de formación de reborde por estiramiento de una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia, y, como resultado, obtuvieron el conocimiento descrito a continuación.

(1) Los precipitados de carburo o nitruro se hacen finos mediante la adición de Mo.

25 (2) Si los precipitados de carburo o nitruro se dispersan de forma fina en una matriz de fase única de estructura de ferrita con densidad de dislocación baja y ductilidad alta mediante la adición de Mo, pueden lograrse al mismo tiempo elongación alta y excelente capacidad de formación de reborde por estiramiento así como alta resistencia a la tracción.

30 Basándose en este conocimiento, se ha encontrado que el 0,15% o menos de C, del 0,02 al 0,35% de Ti, y del 0,05 al 0,7% de Mo en porcentaje en peso, la matriz compuesta esencialmente por una fase única de estructura de ferrita, y precipitados finos con un tamaño de grano menor de 10 nm dispersos en la matriz permiten producir una chapa de acero laminado en caliente que tiene alta resistencia a la tracción y excelente capacidad de formación de reborde por estiramiento.

35 Las razones para la limitación de contenido de C, Ti y Mo son según se describen a continuación.

Si el contenido en C es mayor del 0,15%, los precipitados finos tienden algunas veces a pasar a ser gruesos, y por tanto la resistencia decrece. Por tanto, el contenido en C debe ser del 0,15% o menos.

40 Si el contenido en Ti es menor del 0,02%, la cantidad de precipitados finos es pequeña, y por tanto es difícil de obtener resistencia a la tracción no inferior a 550 MPa. Si el contenido en Ti es mayor del 0,35%, la estructura de ferrita pasa a ser fina, y por tanto la elongación total tiende a decrecer. Por tanto, el contenido en Ti debe estar en el intervalo del 0,02 al 0,35%.

45 Si el contenido en Mo es del 0,05% o más, se depositan precipitados compuestos finos que se combinan con Ti mientras que se restringe la transformación de perlita, y por tanto el acero puede endurecerse manteniendo a la vez elongación alta y excelente capacidad de formación de reborde por estiramiento. Sin embargo, si el contenido en Mo es mayor del 0,7%, se forma una fase dura, y por tanto la capacidad de formación de reborde por estiramiento se degrada. Por tanto, el contenido en Mo debe estar en el intervalo del 0,05 al 0,7%.

En la presente invención, la fase única de estructura de ferrita no siempre necesita consistir en una fase de ferrita al 100%. Si la fase de ferrita es del 95% o más, puede lograrse el objeto de la presente invención.

55 Además, si el tamaño de grano de precipitados finos depositados en la matriz es 10 nm o más, apenas puede obtenerse la resistencia a la tracción no inferior a 550 MPa. Por tanto, si se hace un intento de endurecer el acero mediante los precipitados con un tamaño de grano de 10 nm o más, el porcentaje en volumen de los precipitados debe aumentarse. De ese modo, la estructura de ferrita de hace fina, y por tanto la elongación se disminuye. Por tanto, el tamaño de grano de precipitados finos debe ser menor de 10 nm, preferiblemente 5 nm o menos. Para lograr mayor resistencia a la tracción, el tamaño de grano de precipitados finos debe ser preferiblemente de 3 nm o menos.

Los precipitados finos son carburos compuestos que contienen Ti y Mo. Se piensa que dado que Mo, que tiene una tasa de difusión menor que Ti, forma carburos junto con Ti, la tasa de crecimiento de los carburos pasa a ser baja, de forma que se depositan los carburos finos.

65

Incluso si se añade W con un contenido en el intervalo del 0,01 al 1,5% en lugar de Mo, o junto con Mo, pueden depositarse precipitados finos con un tamaño de grano menor de 10 nm, y por tanto puede obtenerse una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que tiene elongación alta, excelente capacidad de formación de reborde por estiramiento y resistencia a la tracción no inferior a 550 MPa.

Dado que la cantidad de precipitados finos ejerce una gran influencia sobre la resistencia, se investigó la relación entre cantidad de precipitados finos y resistencia a la tracción TS usando chapas de acero laminado en caliente con un grosor de 2,3 mm que contenían del 0,03 al 0,15% de C, del 0,03 al 0,25% de Ti, y trazas de hasta el 0,7% de Mo, y se laminaron en caliente a una temperatura de acabado de 900°C y se enrollaron a una temperatura de enrollado de 500 a 800°C. Como resultado, se encuentra que según se muestra en la figura 1, si el número por volumen unitario de precipitados finos con un tamaño de grano menor de 10 nm es de $5 \times 10^4/\mu\text{m}^3$ o más, puede obtenerse de manera segura TS no inferior a 550 MPa, si la cantidad de los mismos es de $1 \times 10^5/\mu\text{m}^3$ o más, puede obtenerse de manera segura TS no inferior a 700 MPa, y si la cantidad de los mismos es de $2 \times 10^5/\mu\text{m}^3$ o más, puede obtenerse de manera segura TS no inferior a 780 MPa.

Las chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia según la presente invención contienen algunas veces carburos de Fe con un tamaño relativamente grande además de los precipitados finos con un tamaño de grano de menos de 10 nm. Dado que los carburos de Fe con un tamaño de grano grande no son deseables para la capacidad de formación de reborde por estiramiento, se investigó la relación entre tamaño de grano (tamaño de grano promedio) y porcentaje en volumen de carburos de Fe y capacidad de formación de reborde por estiramiento usando las chapas de acero laminado en caliente descritas anteriormente. En esta investigación, se determinaron el tamaño de grano (tamaño de grano promedio) y el porcentaje en volumen de carburos de Fe mediante análisis de imágenes después de la observación en un microscopio electrónico. Además, se evaluó la capacidad de formación de reborde por estiramiento tal como sigue. Una muestra que tenía un orificio se troqueló con una holgura del 12,5% en el centro de una chapa de acero de 130 mm cuadrados usando un punzón de 10 mm de diámetro, y el orificio troquelado se recalcó a partir del lado libre de rebaba. Entonces, se midió un diámetro de orificio en el momento en que el agrietamiento atravesó la chapa de acero, y se hizo evaluación mediante una razón de expansión de orificios λ expresada mediante la siguiente ecuación.

$$\lambda (\%) = [(d - 10)/10] \times 10$$

La figura 2 muestra la relación entre el tamaño de grano de carburos de Fe y la razón de expansión de orificios. La figura 3 muestra la relación entre el porcentaje en volumen de carburos de Fe y la razón de expansión de orificios.

Se encontró que si el tamaño de grano de carburos de Fe excede $1 \mu\text{m}$ o si el porcentaje en volumen de carburos de Fe excede el 1%, λ pasa a ser menor del 80%, y por tanto la capacidad de formación de reborde por estiramiento se degrada. Por tanto, es preferible que el tamaño de grano de carburos de Fe sea menor de $1 \mu\text{m}$, y el porcentaje en volumen del mismo sea del 1% o menos.

Si el contenido en C, Ti y Mo expresado en porcentaje en peso satisface la ecuación de $0,8 \leq (C/12)/[(Ti/48) + (Mo/96)] \leq 1,3$, se forman de manera segura precipitados finos con un tamaño de grano de menos de 10 nm en un número por volumen unitario de $5 \times 10^4/\mu\text{m}^3$ o más. Además, si el contenido en Ti y Mo expresado mediante porcentaje atómico en los precipitados finos satisface la ecuación de $0,1 \leq Ti/Mo \leq 3$, se forman de manera segura precipitados finos con un tamaño de grano de menos de 10 nm en un número por volumen unitario de $5 \times 10^4/\mu\text{m}^3$ o más, de manera que puede obtenerse de manera segura resistencia a la tracción no inferior a 550 MPa. Además, con el fin de lograr mayor resistencia a la tracción, preferiblemente debe satisfacerse la ecuación de $0,5 \leq Ti/Mo \leq 2$.

Incluso si además de C, Ti y Mo, está contenido al menos un elemento seleccionado del 0,08% o menos de Nb y el 0,15% o menos de V, puede obtenerse el mismo efecto. En este caso, sin embargo, el contenido en Ti, Mo, Nb y V expresado mediante porcentaje atómico en los precipitados finos deben satisfacer la ecuación de $0,25 \leq Mo/(Ti + Nb + V + Mo)$.

De manera similar, en el caso en el que está contenido W en lugar de Mo, si el contenido en Ti y W expresado mediante porcentaje atómico en los precipitados finos satisface la ecuación de $0,1 \leq Ti/W$, se forman de manera segura precipitados finos con un tamaño de grano de menos de 10 nm en un número por volumen unitario de $5 \times 10^4/\mu\text{m}^3$ o más.

Además, si están contenidos tanto Mo como W, si se satisface la ecuación de $0,1 \leq Ti/(Mo + W)$, se forman de manera segura precipitados finos con un tamaño de grano de menos de 10 nm en un número por volumen unitario de $5 \times 10^4/\mu\text{m}^3$ o más.

Si la razón de contenido de elementos en los precipitados finos se controla de esta manera, no sólo se hace homogéneo el número de precipitados finos sino también el estado de dispersión de los mismos, de forma que pueden obtenerse valores característicos de tensión más homogéneos en la chapa de acero, y además la forma de las chapas después del laminado pasa a ser buena.

La investigación sobre la estructura y los precipitados finos en la presente invención se hizo mediante el método descrito a continuación.

5 Se preparó una muestra mediante el proceso de pulido electrolítico usando el método de surtidor doble, y se realizó observación en un microscopio electrónico de transmisión a un voltaje de aceleración de 200 kV. En este momento, se realizó la observación mediante el método de desenfocado en el que la orientación cristalina de la fase parental se controló de manera que los precipitados finos tenían un contraste medible con los precipitados finos, y el foco se desplazó desde el foco normal para disminuir el error de cómputo de los precipitados hasta el mínimo. Además, el
10 grosor de muestra en una zona en la que se midió el grano de precipitados se evaluó midiendo un pico de difusión elástica y un pico de difusión inelástica usando la espectroscopía de pérdida de energía eléctrica. Mediante este método, la cantidad de granos y el grosor de muestra pueden medirse para la misma zona. Se midió el número de granos en cuatro ubicaciones en una zona de $0,5 \times 0,5 \mu\text{m}$ de la muestra, y se calculó como el número de granos observados proyectándose por $1 \mu\text{m}^2$. A partir de este valor y el grosor de muestra, se calculó el número de granos precipitados por $1 \mu\text{m}^2$. Además, se llevó a cabo el análisis químico de precipitados mediante la espectroscopía de
15 rayos X dispersiva de energía.

Como ejemplos de chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia según la presente invención, pueden citarse las siguientes chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia.

20 (1) Una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que consiste esencialmente en el 0,06% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, del 0,02 al 0,10% de Ti, del 0,05 al 0,6% de Mo en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, en la que se dispersan precipitados finos con un tamaño de grano de menos de 10 nm en una matriz de fase única de estructura de ferrita en un número por volumen unitario de $5 \times 10^4/\text{mm}^3$ o más.
25

(2) Una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que consiste esencialmente en el 0,06% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, del 0,02 al 0,10% de Ti, del 0,05 al 0,6% de Mo, al menos un elemento seleccionado del 0,08% o menos de Nb y el 0,15% o menos de V en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, en la que se dispersan precipitados finos con un tamaño de grano de menos de 10 nm en una matriz de fase única de estructura de ferrita en un número por volumen de $5 \times 10^4/\text{mm}^3$ o más.
30

(3) Una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que consiste esencialmente en más del 0,06% y el 0,15% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, más del 0,10% y el 0,35% o menos de Ti, del 0,3 al 0,7% de Mo en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, en la que se dispersan precipitados finos con un tamaño de grano de 10 nm o menor en una matriz de fase única de estructura de ferrita en un número por volumen unitario de $5 \times 10^4/\text{mm}^3$ o más.
35
40

Las chapas de acero de (1) y (2) son chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia que tienen resistencia a la tracción no inferior a 780 MPa, y la chapa de acero de (3) es una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que tiene resistencia a la tracción no inferior a 950 MPa.

45 Lo siguiente es una descripción de las razones para la limitación de composición.

C: C forma carburos, y es eficaz para endurecer el acero dependiendo del contenido en Ti, Mo, Nb y V descrito a continuación. Sin embargo, en el caso de una chapa de acero que tiene resistencia a la tracción de alrededor de 80 MPa, si el contenido en C es mayor del 0,06%, se forma perlita o el precipitado pasa a ser grueso, de manera que se deterioran la elongación y la capacidad de formación de reborde por estiramiento. Por tanto, el contenido en C debe ser del 0,06% o menos. Por otro lado, en el caso de una chapa de acero que tiene resistencia a la tracción de alrededor de 980 MPa, el contenido en C debe ser del 0,15% o menos por la misma razón, y el contenido debe ser mayor del 0,06% para obtener resistencia a la tracción de alrededor de 980 MPa. Por tanto, el contenido en C debe ser mayor del 0,06% y el 0,15% o menos. Además, es deseable que la relación entre el contenido en C y el contenido descrito a continuación de Ti y Mo debe satisfacer $0,8 \leq (C/12)/[(Ti/48) + (Mo/96)] \leq 1,3$. Al satisfacer la ecuación descrita anteriormente, pueden precipitarse carburos compuestos finos que contienen Ti y Mo, y puede restringirse el deterioro en elongación y capacidad de formación de reborde por estiramiento provocado por la formación de perlita o precipitados gruesos.
50
55

Si: Si es un elemento eficaz para el endurecimiento de disolución sólida. Sin embargo, si el contenido en Si es mayor del 0,5%, se acelera la precipitación de C a partir de ferrita, y por tanto tienden a precipitar carburos gruesos de Fe sobre los contornos de los granos, de manera que la capacidad de formación de reborde por estiramiento se degrada. Además, si el contenido en Si es mayor del 0,5%, el laminado en caliente de chapas de acero delgadas con un grosor de 2,5 mm o menor pasa a ser inestable. Por tanto, el contenido en Si debe ser del 0,5% o menos.
60
65

Mn: el contenido en Mn debe ser del 0,5% o más desde el punto de vista de endurecimiento de disolución sólida. Sin

embargo, si el contenido es mayor del 2,0%, se produce segregación o se forma una fase dura, de manera que la capacidad de formación de reborde por estiramiento se degrada. Por tanto, el contenido en Mn debe estar en el intervalo del 0,5 al 2,0%.

5 P: P es eficaz para el endurecimiento de disolución sólida. Sin embargo, si el contenido en P es mayor del 0,06%, se produce segregación, de manera que la capacidad de formación de reborde por estiramiento se degrada. Por tanto, el contenido en P debe ser del 0,06% o menos.

10 S: es más deseable un contenido de S menor. Si el contenido en S es mayor del 0,005%, la capacidad de formación de reborde por estiramiento se deteriora. Por tanto, el contenido en S debe ser del 0,005% o menos.

Al: Al se añade como desoxidante. Si el contenido en Al es mayor del 0,1%, tanto la elongación como la capacidad de formación de reborde por estiramiento se deterioran. Por tanto, el contenido en Al debe ser del 0,1% o menos.

15 N: es más deseable un contenido de N menor. Si el contenido en N es mayor del 0,006%, aumentan los nitruros gruesos, de manera que la capacidad de formación de reborde por estiramiento se degrada. Por tanto, el contenido en N debe ser del 0,006% o menos.

20 Ti: tal como se describió anteriormente, Ti forma carburos compuestos finos, y por tanto endurece el acero mientras se mantienen la elongación alta y la excelente capacidad de formación de reborde por estiramiento. En el caso de una chapa de acero que tiene resistencia a la tracción de alrededor de 780 MPa, el contenido en Ti debe estar en el intervalo del 0,02 al 0,10%, y en el caso de una chapa de acero que tiene resistencia a la tracción de alrededor de 950 MPa, el contenido en Ti debe ser mayor del 0,10% y el 0,35% o menos.

25 Mo: por la misma razón que en el caso de Ti, en el caso de una chapa de acero que tiene resistencia a la tracción de alrededor de 780 MPa, el contenido en Mo debe estar en el intervalo del 0,05 al 0,6%, y en el caso de una chapa de acero que tiene resistencia a la tracción de alrededor de 950 MPa, el contenido en Mo debe estar en el intervalo del 0,3 al 0,7%.

30 En el caso de una chapa de acero que tiene resistencia a la tracción de alrededor de 780 MPa, puede estar contenido además al menos un elemento seleccionado del 0,08% o menos de Nb y el 0,15% o menos de V. Nb y V son eficaces para hacer fina la estructura, y también forman precipitados compuestos junto con Ti y Mo, lo que contribuye al aumento en elongación y capacidad de formación de reborde por estiramiento. Sin embargo, si el contenido en Nb es mayor del 0,08%, o si el contenido en V es mayor del 0,15%, la elongación disminuye. Por tanto,
35 el contenido en Nb debe ser del 0,08% o menos, y el contenido en V debe ser del 0,15% o menos. Desde el punto de vista de la formación de estructura fina usando Nb y V, es preferible que el contenido en Nb sea del 0,005% o más y el contenido en V debe ser del 0,001% o más.

40 Como ejemplos concretos de chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la presente invención, pueden citarse las siguientes chapas de acero laminado en caliente que contienen W además de los tres tipos de chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia descritos anteriormente.

45 (4) Una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que consiste esencialmente en el 0,1% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, el 2% o menos de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,01% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, el 0,5% o menos de Cr, del 0,02 al 0,2% de Ti, el 0,08% o menos de Nb, del 0,01 al 1,5% de W en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, en la que precipitados finos que tienen un tamaño de grano de menos de 10 nm están dispersos en una matriz de fase única de estructura de ferrita en un número por volumen de $5 \times 10^4/\mu\text{m}^3$ o más y el contenido en Ti y W representado mediante porcentaje atómico en los precipitados
50 satisface la ecuación de $0,1 \leq \text{Ti}/\text{W}$.

(5) Una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que consiste esencialmente en el 0,1% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, el 2% o menos de Mn, el 0,06% o menos de P, el ,01% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, el 0,5% o menos de Cr, del 0,02 al 0,2% de Ti, el 0,08% o menos de Nb, del 0,05 al 0,6% de Mo, del 0,01 al 1,5% de W en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, en la que precipitados finos que
55 tienen un tamaño de grano de menos de 10 nm están dispersos en una matriz de fase única de estructura de ferrita en un número por volumen de $5 \times 10^4/\mu\text{m}^3$ o más y el contenido en Ti, Mo y W representado mediante porcentaje atómico en los precipitados satisface la ecuación de $0,1 \leq \text{Ti}/(\text{Mo} + \text{W})$.

60 En las chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia (1) a (5) descritas anteriormente, según se muestra en el ejemplo 7 descrito más adelante, si el contenido en C en disolución sólida es del 0,0020% o menos, la elongación se incrementa adicionalmente.

La figura 4 muestra la relación entre el contenido en Si y Mo y la propiedad de superficie. En esta figura, ⊙ indica grado muy alto de defecto de cascarilla provocado por Si, ○ indica grado bueno y X indica grado pobre.

65

En las chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia (1) a (5) descritas anteriormente, si el contenido en Si y Mo en porcentaje en peso satisface la ecuación de $(Si + Mo) \leq 0,5\%$, puede obtenerse una muy buena propiedad de superficie.

5 Incluso si está contenido al menos un elemento seleccionado del 0,15% o menos de Cr, el 0,15% o menos de Cu, y el 0,15% o menos de Ni, pueden lograrse los efectos de la presente invención.

10 La chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia (1) anteriormente descrita puede elaborarse mediante un método para elaborar una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia, que comprende las etapas de: producir una chapa de acero laminado en caliente laminando en caliente un planchón de acero, que consiste esencialmente en, por ejemplo, el 0,06% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, del 0,05 al 0,6% de Mo, del 0,02 al 0,10% de Ti en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, y satisface la ecuación de $0,8 \leq (C/12)/[(Ti/48) + (Mo/96)] \leq 1,3$, a una temperatura de punto de transformación de Ar3 o mayor y enrollando la chapa de acero laminado en caliente a una temperatura de 550 a 700°C.

20 La chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia (2) anteriormente descrita puede elaborarse produciendo un planchón de acero, que consiste esencialmente en, por ejemplo, el 0,06% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, del 0,05 al 0,6% de Mo, del 0,02 al 0,10% de Ti, al menos un elemento seleccionado del 0,08% o menos de Nb y el 0,15% o menos de V en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, en las mismas condiciones de laminado en caliente que aquellas para la chapa de acero (1).

25 La chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia (3) anteriormente descrita puede elaborarse produciendo un planchón de acero, que consiste esencialmente en, por ejemplo, más del 0,06% y el 0,15% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, más del 0,10% y el 0,35% o menos de Ti, del 0,3 al 0,7% de Mo en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, y satisface la ecuación de $0,8 \leq (C/12)/[(Ti/48) + (Mo/96)] \leq 1,3$, en las mismas condiciones de laminado en caliente que aquellas para la chapa de acero (1).

30 Si el laminado en caliente se lleva a cabo a una temperatura menor que el de punto de transformación de Ar3, se producen granos gruesos, y por tanto la elongación disminuye, y los precipitados se hacen gruesos mediante un fenómeno de inducción de alargamiento a la tracción. Por tanto, el laminado en caliente debe llevarse a cabo a una temperatura de punto de transformación de Ar3 o mayor, preferiblemente, a una temperatura de 880°C o más. Después del laminado en caliente, con el fin de proporcionar una fase única de estructura de ferrita, la chapa de acero debe enrollarse a una temperatura de 550°C o más, preferiblemente a una temperatura de 600°C o más. Además, con el fin de evitar que los precipitados pasen a ser gruesos, la chapa de acero debe enrollarse a una temperatura de 700°C o menos, preferiblemente, a una temperatura de 660°C o menos.

40 El planchón de acero puede laminarse mediante el método de laminado directo en el que se lleva a cabo laminado en caliente inmediatamente después de colada o después de retención de calor. Alternativamente, puede laminarse mediante el método de laminado continuo en el que el acero laminado se calienta o retiene el calor antes o durante el laminado de acabado, o los aceros laminados se unen después de laminado irregular.

45 Las chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia (1) a (5) descritas anteriormente pueden someterse a tratamiento de galvanización por inmersión en caliente. Para las chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia según la presente invención, dado que se dispersan los precipitados finos estables, incluso si se efectúa el tratamiento de galvanización por inmersión en caliente, los precipitados no cambian, y por tanto la chapa de acero no se ablanda.

50 Dado que las piezas de chasis automovilístico tales como un brazo de suspensión, un refuerzo, un elemento lateral, una estructura de asiento, y un carril del asiento tienen una forma intrincada, es difícil fabricar estas piezas formando por prensado la chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia convencional. Sin embargo, si se aplican las chapas de acero laminado en caliente de alta resistencia (1) a (5) descritas anteriormente, estas partes pueden fabricarse con calidad alta y rendimientos altos.

55 En particular, una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que tiene razón de expansión de orificios del 80% o más y resistencia a la tracción TS de 700 MPa o más y en la que TS, elongación EL (%) y grosor de chapa t (mm) satisfacen la ecuación de $(TS \times EL)/t^{0.2} > 12000$ es adecuada para las piezas de chasis automovilístico por la razón descrita a continuación.

60 El producto de TS y EL, TS x EL, sirve como índice de energía absorbida de material, y es eficaz como índice que representa la dificultad en desarrollar agrietamiento por prensado. El valor requerido para esto difiere según TS de chapa de acero. Además, dado que EL es un valor que depende del grosor de chapa t, existe para cada TS un intervalo deseado de TS x EL representado como una función de t que no provoca un problema de agrietamiento por prensado debido a EL insuficiente. La EL de chapa de acero con un t diferente puede convertirse usando la ecuación

ES 2 690 275 T3

de Oliver, y es proporcional a $t^{0.2}$.

5 Se fabricó un brazo de suspensión con un prensado de 1200 toneladas usando una chapa de acero laminado en caliente que contenía el 0,04% de C, el 0,09% de Ti, y el 0,2% de Mo y tiene un grosor de 3,5 a 2,7 mm y TS de 710 a 850 MPa. Entonces, se investigó la relación entre $(TS \times EL)/t^{0.2}$ y la conformabilidad por prensado (ningún agrietamiento: OK, agrietamiento: NG).

Tal como se muestra en la figura 5, si $(TS \times EL)/t^{0.2}$ excede de 12000, no se produce agrietamiento en absoluto.

10 Ejemplo 1

15 Se laminaron en caliente los aceros A a E que tenían una composición química facilitada en la tabla 1 en las condiciones facilitadas en la tabla 1, mediante lo cual se elaboraron las chapas de acero 1 a 5. Después de eso, se llevó a cabo un ensayo de tracción usando una probeta número 5 de JIS, y también se llevaron a cabo la investigación de estructura y precipitado en un microscopio electrónico de transmisión, la medición de la razón de expansión de orificios (λ) y el ensayo de prensado real de brazo de suspensión mediante el método anteriormente descrito. La tabla 1 facilita adicionalmente la estructura de matriz, el tamaño de grano de precipitados y el número por volumen unitario de precipitados.

20 Los resultados se facilitan en la tabla 2.

25 Según la observación en un microscopio electrónico de transmisión, en las chapas de acero 1 a 3 de los ejemplos de esta invención, precipitados finos con un tamaño de grano de menos de 10 nm estaban homogéneamente dispersos en una matriz de fase única de estructura de ferrita. Además, estos precipitados finos eran carburos que contenían Ti y Mo. Las chapas de acero 1 a 3 tenían una TS no inferior a 800 MPa y EL y λ altas, y no se agrietaron en el ensayo de prensado.

30 Por otro lado, la chapa de acero 4 del ejemplo comparativo, que tenía una estructura de bainita (B), tenía una EL baja y se agrietó en el ensayo de prensado. Además, la chapa de acero 5, que tenía una estructura de ferrita + perlita (F + P), tenía λ baja y se agrietó.

Tabla 1

Acero	Composición química (% en peso)										Condiciones de laminado en caliente		Estructura	Precipitado fino		Observaciones
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Nb	Mo	Cr	Temperatura de acabado (°C)		Temperatura de enrollado (°C)	Tamaño de grano (nm)	
A	0.045	0.05	1.67	0.004	0.001	0.044	0.0020	0.085	0.007	0.20	0.056	890	600	1	21	Ejemplo de la invención
B	0.046	0.08	1.65	0.005	0.001	0.040	0.0025	0.084	0.008	0.19	0.056	900	625	2	21	Ejemplo de la invención
C	0.044	0.08	1.59	0.006	0.001	0.041	0.0022	0.087	0.005	0.21	0.057	890	650	2	22	Ejemplo de la invención
D	0.045	0.06	1.64	0.005	0.001	0.041	0.0020	0.088	0.006	0.21	0.058	900	480	1	4.0	Ejemplo comparativo
E	0.122	0.46	1.84	0.011	0.001	0.046	0.0041	0.091	0.041	-	0.195	860	570	30	4.4	Ejemplo comparativo

F: ferrita, B: bainita, P: perlita

Tabla 2

Chapa de acero	Acero	Grosor (mm)	TS (MPa)	EL (%)	TS x EL	λ (%)	Conformabilidad por prensado	Observaciones
1	A	3,2	821	21,1	17323	105	OK	Ejemplo de la invención
2	B	3,2	810	23,1	18711	110	OK	Ejemplo de la invención
3	C	3,2	815	22,3	18175	118	OK	Ejemplo de la invención
4	D	3,2	841	16,5	13877	95	NG	Ejemplo comparativo
5	E	3,2	856	20,7	17719	30	NG	Ejemplo comparativo

Ejemplo 2

5 Se calentaron los aceros A a P que tenían una composición química facilitada en la tabla 3 hasta una temperatura de 1250°C y entonces se laminaron en caliente a una temperatura de acabado de 880 a 930°C, mediante lo cual se elaboraron las chapas de acero 1 a 16 con un grosor de 3,2 mm cambiando la tasa de enfriamiento y la temperatura de enrollado. Después de eso, se realizaron los mismos ensayos que los del ejemplo 1.

10 Los resultados se facilitan en la tabla 4.

15 Las chapas de acero 1 a 10 de los ejemplos de esta invención, que tenían una fase única de estructura de ferrita, tenían precipitados con un tamaño de grano de menos de 10 nm, un valor de Mo/(Ti + Nb + V + Mo) de 0,25 o más alto mediante porcentaje atómico, y una TS no inferior a 550 MPa y EL y λ altas. Además, según la observación en un microscopio electrónico, precipitados finos estaban homogéneamente dispersos en la estructura de ferrita.

20 Por el contrario, para las chapas de acero 11 y 12 de los ejemplos comparativos a los que no se añadió Mo, se produjo perlita, y los precipitados fueron gruesos, de manera que tanto EL como λ fueron bajas. Además, para la chapa de acero 13, el tamaño de grano de precipitados fue de 10 nm o más grande, y el contenido de C fue bajo y la cantidad de precipitados fue pequeña, de manera que la TS fue inferior a 550 MPa. Para la chapa de acero 14, el contenido en Mn fue alto y la segregación fue notable, y también se formó martensita, de manera que tanto EL como λ fueron bajas. Para la chapa de acero 15, el contenido en Ti fue bajo y la cantidad de precipitados fue pequeña, de manera que la TS fue inferior a 550 MPa. Para la chapa de acero 16, aunque el contenido en Ti fue alto y existieron precipitados compuestos de Ti y Mo, la razón de Mo en los precipitados compuestos fue baja y el contenido en Si fue alto, de manera que los precipitados fueron gruesos y por tanto, tanto EL como λ fueron bajas.

Tabla 3

Acero	Composición química (% en peso)											
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Mo	Ti	Nb	V	Otros
A	0,045	0,20	1,60	0,003	0,0007	0,046	0,0041	0,20	0,085	-	-	-
B	0,047	0,22	1,59	0,002	0,0006	0,048	0,0040	0,20	0,082	0,012	-	-
C	0,042	0,18	1,56	0,004	0,0006	0,052	0,0040	0,11	0,080	0,037	-	-
D	0,045	0,18	1,39	0,006	0,0006	0,049	0,0031	0,21	0,084	0,008	-	-
E	0,035	0,09	1,65	0,005	0,0009	0,050	0,0045	0,30	0,040	0,011	0,069	-
F	0,038	0,11	1,12	0,004	0,0008	0,046	0,0043	0,15	0,043	0,009	-	-
G	0,040	0,08	0,89	0,005	0,0007	0,045	0,0042	0,14	0,025	0,041	-	-
H	0,043	0,17	1,56	0,005	0,0008	0,046	0,0039	0,19	0,083	0,010	-	Cr: 0,12
I	0,042	0,16	1,57	0,004	0,0008	0,047	0,0041	0,20	0,082	0,007	-	Cu: 0,14
J	0,042	0,18	1,55	0,004	0,0006	0,049	0,0039	0,20	0,085	0,008	-	Ni: 0,11
K	0,063	0,20	1,72	0,008	0,0006	0,054	0,0028	-	0,084	0,040	-	-
L	0,051	0,09	1,70	0,006	0,0009	0,048	0,0040	-	0,101	0,038	-	-
M	0,006	0,16	1,61	0,005	0,0010	0,046	0,0042	0,13	0,070	0,011	-	-
N	0,045	0,15	2,20	0,004	0,0008	0,050	0,0045	0,15	0,061	0,022	-	-
O	0,047	0,19	1,54	0,005	0,0009	0,045	0,0038	0,12	0,010	0,012	-	-
P	0,050	0,48	1,03	0,012	0,0010	0,030	0,0025	0,21	0,150	0,050	-	-

30

Tabla 4

Chapa de acero	Acero	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	Estructura	Tamaño de grano precipitado (nm)	Razón de composición de precipitados Mo/(Ti + Nb + V + Mo)	Observaciones
1	A	806	24,6	109	F	3	0,47	Ejemplo de la invención
2	B	807	24,4	111	F	3	0,46	Ejemplo de la invención
3	C	795	23,3	83	F	4	0,39	Ejemplo de la invención
4	D	793	24,9	108	F	4	0,48	Ejemplo de la invención
5	E	789	24,7	101	F	3	0,28	Ejemplo de la invención
6	F	603	33,9	133	F	4	0,67	Ejemplo de la invención
7	G	598	34,1	138	F	4	0,75	Ejemplo de la invención
8	H	803	24,0	108	F	3	0,46	Ejemplo de la invención
9	I	801	24,7	100	F	3	0,47	Ejemplo de la invención
10	J	805	24,5	107	F	3	0,47	Ejemplo de la invención
11	K	811	20,5	39	F+P	16	0	Ejemplo comparativo
12	L	786	20,7	46	F	15	0	Ejemplo comparativo
13	M	495	36,7	121	F	11	0,51	Ejemplo comparativo
14	N	802	19,3	43	F+M	5	0,49	Ejemplo comparativo
15	O	508	37,1	125	F	6	0,83	Ejemplo comparativo
16	P	801	20,4	78	F	12	0,01	Ejemplo comparativo

Ejemplo 3

5 Se calentaron aceros que tenían una composición química facilitada en la tabla 5 hasta una zona de austenita, entonces se laminaron en caliente a una temperatura de acabado de 880°C, y se enrollaron a una temperatura de enrollado facilitada en la tabla 5, mediante la cual se elaboraron las chapas de acero 17 a 29 con un grosor facilitado en la tabla 5. Las chapas de acero 17 a 23 son las elaboradas con el objetivo de proporcionar una TS no inferior a 780 MPa, y las chapas de acero 24 a 29 son las elaboradas con el objetivo de proporcionar una TS no inferior a 590 MPa. Se realizó un ensayo de tracción usando una probeta número 5 de JIS. Además, se evaluó visualmente la forma de la chapa después del laminado. Una chapa plana se indicó mediante la marca ○, y una chapa notablemente ondulada se indicó por la marca X. Además, se investigaron precipitados en un microscopio electrónico de transmisión.

15 Para las chapas de acero 17 a 21 y 24 a 27 de los ejemplos de esta invención, el valor de Mo/(Ti + Nb + Mo) fue de 0,25 o más alto, se obtuvieron TS y EL altas, y la forma de la chapa fue buena.

20 Por otro lado, para las chapas de acero 22, 23, 28 y 29 de los ejemplos comparativos, el valor de Mo/(Ti + Nb + Mo) fue inferior a 0,25, la EL fue baja, y la forma de la chapa fue notablemente ondulada. El motivo para esto es que se llevó a cabo enfriamiento brusco después de laminado en caliente para garantizar la resistencia, de manera que se formó una segunda fase.

Tabla 5

Chapa de acero	Composición química (% en peso)										Razón de composición de precipitado Mo/(Ti+Nb+V+Mo)	Grosor (mm)	Temperatura de enlaido (°C)	TS (MPa)	EL (%)	Forma	Observaciones
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Mo	Ti	Nb							
17	0.055	0.12	1.81	0.005	0.001	0.045	0.0025	0.22	0.088	0.010	0.48	2.0	625	801	20.1	O	Ejemplo de la invención
18	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	0.48	1.6	625	810	19.2	O	Ejemplo de la invención
19	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	0.48	1.4	625	805	18.6	O	Ejemplo de la invención
20	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	0.48	1.2	625	807	18.1	O	Ejemplo de la invención
21	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	0.45	2.0	600	795	18.9	O	Ejemplo de la invención
22	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	0.20	2.0	540	821	16.3	x	Ejemplo comparativo
23	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	0.16	2.0	500	830	14.1	x	Ejemplo comparativo
24	0.020	0.01	1.31	0.001	0.001	0.050	0.0034	0.18	0.051	0.020	0.53	2.3	640	605	35.1	O	Ejemplo de la invención
25	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	0.53	1.8	640	610	33.4	O	Ejemplo de la invención
26	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	0.53	1.4	640	608	31.8	O	Ejemplo de la invención
27	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	0.53	1.2	640	611	30.8	O	Ejemplo de la invención
28	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	0.22	1.4	540	631	28.1	x	Ejemplo comparativo
29	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	0.18	1.4	510	642	25.3	x	Ejemplo comparativo

Ejemplo 4

Se calentaron aceros que tenían una composición química facilitada en la tabla 6 hasta una temperatura de 1250°C, entonces se laminaron en caliente a una temperatura de acabado de 890°C, y se enrollaron a una temperatura de enrollado de 650°C, mediante lo cual se elaboraron chapas de acero con un grosor de 3,2 mm. Se realizó un ensayo de tracción tomando probetas número 5 de JIS desde una posición central en la dirección de anchura y una posición separada 65 mm desde el borde en la porción central en la dirección longitudinal de la chapa de acero. Además, se investigaron precipitados en un microscopio electrónico de transmisión. Además, se evaluó un defecto de cascariilla provocado por Si mediante el método descrito anteriormente.

Los resultados se facilitan en la tabla 6.

Para las chapas de acero 2 a 4 de los ejemplos de esta invención, se obtuvieron propiedades homogéneas en la dirección de anchura, y la propiedad de superficie fue buena. En particular, para las chapas de acero 2 y 3 en las que el valor de (Si + Mo) es de 0,5 o más bajo, se obtuvo una propiedad de superficie muy buena. Para la chapa de acero 3, según la investigación en un microscopio electrónico de transmisión, carburos finos que contenían Ti y Mo estaban homogéneamente dispersos en la estructura de ferrita.

Por el contrario, para la chapa de acero 1 del ejemplo comparativo a la que no se añadió Mo, la estructura fue una estructura de ferrita + perlita, y la variación en las propiedades en la dirección de anchura ΔTS fue de 30 MPa o más grande, y además ΔEL fue de hasta el 2% o más grande. Además, para la chapa de acero 5 del ejemplo comparativo en la que se añadió mucho Mo y Ti/Mo era inferior a 0,1, la variación en las propiedades fue pequeña, pero la elongación disminuyó en gran medida.

Para las chapas de acero 7 a 9 de los ejemplos de esta invención, la variación en las propiedades en la dirección de anchura fue pequeña, y la propiedad de superficie fue muy buena.

Por el contrario, para la chapa de acero 6 del ejemplo comparativo a la que no se añadió Mo, la estructura fue una estructura de ferrita + perlita, y la variación en las propiedades ΔTS fue de 30 MPa o más grande, y además ΔEL fue de hasta el 2% o más grande. Para la chapa de acero 10 del ejemplo comparativo a la que se añadió mucho Cr, no pudo restringirse la formación de la segunda fase, y la estructura fue una estructura de ferrita acicular, de manera que la EL disminuyó significativamente. Para todas estas chapas de acero, dado que el valor de (Si + Mo) fue del 0,5% o más bajo, la propiedad de superficie fue muy buena.

Para las chapas de acero 12 a 14 de los ejemplos de esta invención, la variación en las propiedades en la dirección de anchura fue pequeña, y la propiedad de superficie también fue buena.

Por el contrario, para la chapa de acero 11 del ejemplo comparativo a la que no se añadió Ti, se precipitaron perlita y cementita, y aunque la TS es baja, la EL es tan baja como la de la chapa de acero 12, y la variación en las propiedades también fue grande.

Para las chapas de acero 16 a 18 de los ejemplos de esta invención, la variación en las propiedades en la dirección de anchura fue pequeña, y la propiedad de superficie fue buena. En particular, para la chapa de acero 16 en la que el valor de (Si + Mo) fue del 0,5% o menor, la propiedad de superficie fue muy buena.

Por el contrario, para la chapa de acero 15 del ejemplo comparativo a la que no se añadió Mo, la variación en las propiedades fue grande, y, para la chapa de acero 19 del ejemplo comparativo a la que se añadió mucho Mo, la EL fue baja.

Tabla 6

Chapa de acero	Composición química (% en peso)												Estructura	Tl/M	Propiedades de tracción		Variación en las propiedades		Propiedad de superficie	Observaciones
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Mo	Ti	Nb	Cr	TS (MPa)			EL (%)	ΔTS	ΔEL			
1	0.040	0.18	1.62	0.005	0.002	0.050	0.0030	-	0.084	0.011	0.056	781	19.8	45	2.4	⊙	Ejemplo comparativo			
2	0.041	0.18	1.60	0.006	0.003	0.055	0.0033	0.11	0.080	0.010	0.051	816	21.4	15	0.5	⊙	Ejemplo de la invención			
3	0.043	0.19	1.61	0.006	0.003	0.054	0.0028	0.20	0.085	0.010	0.056	807	24.4	12	0.1	⊙	Ejemplo de la invención			
4	0.044	0.17	1.59	0.003	0.003	0.048	0.0025	0.36	0.084	0.012	0.050	812	24.2	11	0.2	○	Ejemplo de la invención			
5	0.044	0.17	1.63	0.006	0.003	0.057	0.0036	0.72	0.085	0.011	0.055	890	14.9	10	0.1	×	Ejemplo comparativo			
6	0.035	0.15	1.61	0.012	0.003	0.035	0.0016	-	0.040	0.011	0.230	572	36.8	43	2.3	⊙	Ejemplo comparativo			
7	0.035	0.15	1.45	0.011	0.003	0.036	0.0018	0.23	0.040	0.013	0.081	610	35.6	12	0.2	⊙	Ejemplo de la invención			
8	0.036	0.14	1.43	0.013	0.002	0.037	0.0019	0.19	0.041	0.014	0.151	615	34.6	12	0.3	⊙	Ejemplo de la invención			
9	0.036	0.13	1.44	0.011	0.003	0.031	0.0018	0.20	0.043	0.013	0.425	624	35.5	9	0.1	⊙	Ejemplo de la invención			
10	0.035	0.14	1.46	0.014	0.004	0.035	0.0019	0.22	0.042	0.014	0.740	687	28.9	9	0.2	⊙	Ejemplo comparativo			
11	0.056	0.26	1.30	0.009	0.003	0.061	0.0039	0.34	-	0.034	0.240	512	34.1	48	4.3	○	Ejemplo comparativo			
12	0.057	0.27	1.40	0.008	0.002	0.060	0.0038	0.35	0.030	0.034	0.260	623	34.3	8	0.9	○	Ejemplo de la invención			
13	0.058	0.26	1.36	0.009	0.003	0.069	0.0041	0.46	0.057	0.035	0.260	781	24.9	9	1.1	○	Ejemplo de la invención			
14	0.054	0.26	1.38	0.007	0.002	0.068	0.0037	0.35	0.089	0.034	0.240	812	24.1	11	1.3	○	Ejemplo de la invención			
15	0.045	0.38	1.39	0.011	0.003	0.050	0.0031	-	0.085	0.041	0.154	735	22.4	53	4.2	○	Ejemplo comparativo			
16	0.044	0.39	1.38	0.008	0.004	0.049	0.0030	0.08	0.084	0.043	0.162	782	24.1	12	1.3	⊙	Ejemplo de la invención			
17	0.046	0.37	1.39	0.010	0.003	0.045	0.0029	0.23	0.085	0.041	0.158	791	23.3	13	1.2	○	Ejemplo de la invención			
18	0.044	0.28	1.38	0.011	0.001	0.043	0.0033	0.31	0.086	0.045	0.187	829	22.2	11	0.7	○	Ejemplo de la invención			
19	0.044	0.37	1.37	0.009	0.002	0.048	0.0031	0.77	0.084	0.042	0.177	898	17.4	10	1.2	×	Ejemplo comparativo			

F: ferrita, B: bainita, P: perlita

Ejemplo 5

5 Se laminaron en caliente aceros que tenían una composición química facilitada en la tabla 7 en las condiciones facilitadas en la tabla 7, mediante lo cual se elaboraron las chapas de acero 21 a 38 con un grosor de 3,6 mm. Como en el caso del ejemplo 4, los valores característicos de tracción se investigaron en las porciones central y de borde en la dirección de anchura de la chapa de acero. Además, se investigaron los precipitados en un microscopio electrónico de transmisión.

10 Los resultados se facilitan en la tabla 7.

15 Para las chapas de acero de 21 a 25 en las que se cambió la temperatura de acabado, la variación en las propiedades fue muy pequeña cuando la temperatura de acabado fue de 880°C o más alta.

20 Además, para las chapas de acero 26 a 30 en las que se cambió la temperatura de enrollado, la variación en las propiedades de las chapas de acero 27 a 29 en las que la temperatura de enrollado fue de 550 a 700°C fue muy pequeña, y la elongación de las mismas también fue alta.

25 Por el contrario, para las chapas de acero 26 y 30 cuya temperatura de enrollado está fuera del intervalo de 550 a 700°C, la variación en las propiedades fue grande.

30 Para las chapas de acero 31 a 35 en las que se cambiaron la temperatura de acabado y la temperatura de enrollado, la variación en las propiedades de las chapas de acero 32 a 34 en las que la temperatura de acabado fue de 880°C o más alta y la temperatura de enrollado fue de 550 a 700°C fue muy pequeña.

35 Para las chapas de acero 36 y 37, el contenido en Mo fue alto, la razón de Ti/Mo de los precipitados fue inferior a 0,1, y la variación en las propiedades fue grande. Además, para la chapa de acero 38, la temperatura de enrollado fue de tan sólo 500°C, se formó una estructura de bainita, y la variación en la TS fue especialmente grande.

Tabla 7

Chapa de acero	Composición química (% en peso)											Condiciones de laminado en caliente			Estructura	Ti/Mo	Propiedades de tracción			Variación en las propiedades	
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Mo	Ti	Nb	Cr	Temperatura de acabado (°C)	Temperatura de enrollado (°C)	TS (MPa)			EL (%)	ΔTS	ΔEL		
																				Temperatura de acabado (°C)	Temperatura de enrollado (°C)
21	0.042	0.18	1.54	0.001	0.001	0.055	0.0029	0.21	0.085	0.008	0.060	865	603	F	1.30	703	21.2	28	1.2		
22	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	880	604	F	1.32	819	20.5	15	0.4		
23	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	885	604	F	1.41	825	20.6	10	0.3		
24	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	910	610	F	1.30	820	21.3	8	0.2		
25	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	920	606	F	1.32	823	21.1	10	0.2		
26	0.045	0.17	1.39	0.006	0.001	0.049	0.0031	0.22	0.088	0.009	0.067	892	500	AF	0.03	764	20.6	31	1.7		
27	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	891	580	F	2.30	821	23.8	10	0.2		
28	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	890	630	F	1.20	831	24.3	5	0.2		
29	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	893	650	F	1.10	824	24.4	3	0.1		
30	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	894	720	F+P	1.10	703	20.3	25	1.9		
31	0.035	0.25	1.55	0.005	0.001	0.034	0.0022	0.15	0.035	0.015	0.080	843	592	F	0.61	544	31.1	24	1.6		
32	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	892	623	F	0.65	620	35.0	5	0.3		
33	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	899	632	F	0.67	613	35.4	6	0.2		
34	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	891	600	F	0.61	611	34.4	4	0.2		
35	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	901	490	BF	0.03	531	27.5	22	1.7		
36	0.05	0.50	1.50	0.01	0.001	0.035	0.0025	0.99	0.150	0.050	-	895	590	F	0.08	635	26.3	26	2.3		
37	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	ídem	903	700	F+P	0.08	725	22.3	35	3.1		
38	0.05	0.48	1.03	0.012	0.001	0.030	0.0025	0.21	0.150	0.050	-	910	500	B	0.08	815	18.2	42	2.9		

F: ferrita, AF: ferrita acicular, P: perlita; B: bainita, BF: ferrita bainítica

Ejemplo 6

- Se laminaron en caliente los aceros A a T que tenían una composición química facilitada en la tabla 8 en las condiciones de laminado en caliente facilitadas en la tabla 9, mediante lo cual se elaboraron las chapas de acero 1 a

23 con un grosor de 3,2 mm. Después de eso, se realizaron un ensayo de tracción y un ensayo de expansión de orificios. Además, se observó una estructura metalográfica en un microscopio óptico y un microscopio electrónico de barrido. Además, se investigaron los precipitados en un microscopio electrónico de transmisión. En este ejemplo, se consideró que una chapa de acero que tenía una TS de 780 MPa o más alta, una EL del 20% o más alta, y λ del 70% o más alta, era buena.

Los resultados se facilitan en la tabla 9.

Para las chapas de acero 1 a 3 y 5 a 15 de los ejemplos de esta invención, la composición química estaba dentro del intervalo de la presente invención, y la estructura fue una estructura de ferrita en la que estaban homogéneamente dispersos carburos que contenían Ti y Mo, de manera que la EL y λ fueron altas.

Por el contrario, para la chapa de acero 4 del ejemplo comparativo, se formó una estructura de bainita con una densidad de dislocación alta debido a la temperatura de enrollado baja, de manera que la EL fue baja. Para las chapas de acero 16 a 18 de los ejemplos comparativos, se formaron perlita o martensita, de manera que tanto la EL como λ fueron bajas. Además, para la chapa de acero 19, los carburos y nitruros de Ti y Nb no fueron finos debido a que se añadió una cantidad pequeña de Mo, y precipitaron pocos carburos de Mo, de manera que λ fue baja. Para la chapa de acero 21, se añadió una cantidad pequeña de Ti y la cantidad de carburos de Ti fue pequeña, de manera que la TS y λ fueron bajas. Para las chapas de acero 22 y 23, dado que no se añadió Mo y se añadió mucho Ti, los precipitados fueron gruesos y la cantidad de los mismos fue excesiva, de manera que tanto la EL como λ fueron bajas.

Tabla 8

Acero	Composición química (% en peso)										
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Mo	Ti	Nb	Cr
A	0,043	0,20	1,61	0,005	0,0010	0,054	0,0028	0,20	0,085	0,008	0,056
B	0,042	0,18	1,56	0,004	0,0006	0,052	0,0040	0,10	0,080	0,037	0,082
C	0,045	0,18	1,39	0,006	0,0006	0,049	0,0031	0,21	0,084	0,008	0,067
D	0,057	0,19	1,59	0,005	0,0015	0,050	0,0034	0,18	0,076	0,010	0,710
E	0,047	0,28	1,63	0,008	0,0011	0,048	0,0046	0,19	0,082	0,012	-
F	0,043	0,18	1,91	0,012	0,0015	0,046	0,0051	0,21	0,066	0,011	0,094
G	0,045	0,20	1,50	0,014	0,0016	0,044	0,0044	0,12	0,084	0,013	0,081
H	0,048	0,07	1,41	0,009	0,0009	0,050	0,0049	0,38	0,077	0,009	-
I	0,045	0,10	1,40	0,011	0,0018	0,049	0,0031	0,20	0,033	0,040	-
J	0,048	0,14	1,60	0,008	0,0011	0,048	0,0035	0,20	0,096	0,043	0,070
K	0,040	0,11	1,36	0,009	0,0014	0,039	0,0040	0,18	0,079	0,009	0,081
L	0,050	0,12	1,62	0,005	0,0008	0,041	0,0039	0,43	0,088	0,010	-
M	0,066	0,20	1,50	0,002	0,0006	0,051	0,0039	-	0,166	0,057	-
N	0,065	0,18	1,72	0,006	0,0008	0,050	0,0034	0,20	0,080	0,010	0,061
O	0,041	0,21	2,20	0,008	0,0013	0,036	0,0035	0,15	0,081	0,008	0,070
P	0,043	0,19	1,60	0,008	0,0009	0,038	0,0028	0,04	0,078	0,009	0,053
Q	0,050	0,20	1,20	0,006	0,0011	0,041	0,0033	0,49	0,068	0,008	-
R	0,046	0,18	1,64	0,012	0,0013	0,032	0,0028	0,16	0,016	0,051	0,051
S	0,040	0,51	1,51	0,012	0,0012	0,030	0,0026	-	0,250	-	-
T	0,030	0,51	1,48	0,010	0,0012	0,035	0,0026	-	0,151	0,013	-

Tabla 9

Chapa de acero	Acero	Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura de acabado (°C)	Temperatura de enrollado (°C)	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	Estructura	Observaciones
1	A	1250	910	560	782	20,2	85	F	Ejemplo de la invención
2	A	1200	880	600	820	21,4	86	F	Ejemplo de la invención
3	A	1250	900	675	813	24,1	113	F	Ejemplo de la invención
4	A	1200	880	510	740	17,2	91	B	Ejemplo comparativo
5	B	1250	900	640	798	23,6	81	F	Ejemplo de la invención
6	C	1250	915	650	831	24,2	85	F	Ejemplo de la invención

ES 2 690 275 T3

7	D	1200	880	610	799	22,1	73	F	Ejemplo de la invención
8	E	1250	900	640	822	22,6	80	F	Ejemplo de la invención
9	F	1250	890	630	836	20,6	82	F	Ejemplo de la invención
10	G	1200	900	600	783	24,9	89	F	Ejemplo de la invención
11	H	1250	915	590	828	21,6	81	F	Ejemplo de la invención
12	I	1250	890	620	780	23,1	90	F	Ejemplo de la invención
13	J	1200	900	600	857	20,1	79	F	Ejemplo de la invención
14	K	1200	900	610	850	20,2	78	F	Ejemplo de la invención
15	L	1250	900	450	811	23,1	100	F	Ejemplo de la invención
16	M	1250	915	650	820	18,6	43	F+P	Ejemplo comparativo
17	N	1200	900	710	830	18,1	52	F+P	Ejemplo comparativo
18	O	1250	900	500	841	17,2	50	F+M	Ejemplo comparativo
19	P	1250	890	580	791	20,4	55	F	Ejemplo comparativo
20	Q	1250	900	510	820	17,9	46	F+M	Ejemplo comparativo
21	R	1250	915	630	760	20,1	50	F	Ejemplo comparativo
22	S	1250	900	600	830	17,4	39	F	Ejemplo comparativo
23	T	1200	890	610	814	17,8	48	F	Ejemplo comparativo

F: ferrita, B: bainita, M: martensita, P: perlita

Ejemplo 7

5 Se calentaron los aceros A, F y M facilitados en la tabla 8 a una temperatura de 1250°C, entonces se laminaron en caliente a una temperatura de acabado de 890°C, y se enrollaron a una temperatura de enrollado de 630°C, mediante lo cual se elaboraron chapas de acero con un grosor de 3,0 mm. Además, el contenido de C de la disolución sólida se midió mediante la medición de la fricción interna.

10 La figura 6 muestra la relación entre contenido de C en disolución sólida y la EL.

Se verificó que si el contenido de C en disolución sólida es del 0,0020% o más bajo, la EL es alta.

15 Ejemplo 8

Se calentaron los aceros A a M que tenían una composición química facilitada en la tabla 10 a una temperatura de 1250°C, entonces se laminaron en caliente a una temperatura de acabado de 880 a 930°C, mediante lo cual se elaboraron chapas de acero 1 a 13 con un grosor de 2,6 mm cambiando la tasa de enfriamiento y la temperatura de enrollado. La temperatura de enrollado se cambió en el intervalo de temperatura de más de 600°C. Después de eso, se realizaron un ensayo de tracción y un ensayo de expansión de orificios. Además, se investigaron los precipitados en un microscopio electrónico de transmisión.

25 Los resultados se facilitan en la tabla 11.

Para las chapas de acero 1 a 9 de los ejemplos de esta invención, la estructura consistió en una fase única de estructura de ferrita, el tamaño de grano promedio de precipitados fue de menos de 10 nm, y la razón de composición de precipitados cumplió la ecuación de $0,1 \leq \text{Ti/Mo} \leq 3$, de manera que la TS no fue inferior a 950 MPa, y la EL y λ fueron altas.

30 Por el contrario, para la chapa de acero 10 del ejemplo comparativo, el contenido de C fue demasiado alto, se formó

ES 2 690 275 T3

5 perlita debido a la no adición de Mo, y los precipitados fueron gruesos, de manera que tanto la EL como λ fueron bajas. Además, para la chapa de acero 11, los precipitados fueron gruesos debido a la no adición de Mo, de manera que tanto la EL como λ fueron bajas. Para la chapa de acero 12, la segregación fue notable porque el contenido de Mn es demasiado alto, y se formó martensita, de manera que tanto la EL como λ fueron bajas. Para la chapa de acero 13, aunque existieron precipitados compuestos de Ti y Mo, el contenido de C fue demasiado alto, se formó perlita, y los precipitados fueron gruesos, de manera que tanto la EL como λ fueron bajas.

Tabla 10

Acero	Composición química (% en peso)											
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Mo	Ti	Nb	V	Otros
A	0.075	0.19	1.59	0.002	0.0007	0.045	0.0040	0.34	0.17	-	-	-
B	0.085	0.21	1.60	0.003	0.0008	0.046	0.0039	0.37	0.19	0.011	-	-
C	0.090	0.16	1.57	0.004	0.0007	0.050	0.0041	0.50	0.19	0.033	-	-
D	0.119	0.17	1.59	0.005	0.0006	0.048	0.0032	0.51	0.24	0.009	-	-
E	0.130	0.08	1.65	0.004	0.0009	0.044	0.0036	0.60	0.17	0.012	0.068	-
F	0.089	0.09	0.84	0.005	0.0007	0.047	0.0041	0.52	0.18	0.039	-	-
G	0.094	0.16	1.54	0.006	0.0007	0.045	0.0039	0.41	0.19	0.011	-	Cr: 0.10
H	0.090	0.15	1.58	0.004	0.0007	0.044	0.0042	0.38	0.19	0.007	-	Cu: 0.15
I	0.094	0.16	1.56	0.003	0.0006	0.046	0.0039	0.40	0.19	0.007	-	Ni: 0.12
J	0.181	0.19	1.70	0.008	0.0007	0.051	0.0030	-	0.21	0.037	-	-
K	0.090	0.07	1.71	0.007	0.0009	0.047	0.0037	-	0.27	0.036	-	-
L	0.091	0.13	2.23	0.003	0.0009	0.048	0.0045	0.37	0.18	0.020	-	-
M	0.168	0.48	1.06	0.011	0.0010	0.032	0.0031	0.29	0.24	0.048	-	-

10

Tabla 11

Chapa de acero	Acero	TS (MPa)	EL (%)	λ (%)	Estructura	Tamaño de grano de precipitado (nm)	Razón de Ti/Mo de composición de precipitado	Observaciones
1	A	961	20.9	83	F	5	0.96	Ejemplo de la invención
2	B	990	19.6	81	F	5	0.89	Ejemplo de la invención
3	C	1003	18.5	80	F	6	1.38	Ejemplo de la invención
4	D	1052	16.9	97	F	6	1.04	Ejemplo de la invención
5	E	1048	16.0	83	F	5	1.94	Ejemplo de la invención
6	F	965	20.1	101	F	6	0.59	Ejemplo de la invención
7	G	994	19.0	96	F	5	0.79	Ejemplo de la invención
8	H	992	19.0	105	F	5	0.96	Ejemplo de la invención
9	I	999	18.3	81	F	5	1.04	Ejemplo de la invención
10	J	991	16.1	21	F+P	15	-	Ejemplo comparativo
11	K	973	16.6	41	F	16	-	Ejemplo comparativo
12	L	988	14.7	23	F+M	7	1.13	Ejemplo comparativo
13	M	992	16.0	68	F+P	13	3.00	Ejemplo comparativo

F: ferrita, P: perlita, M: martensita

5 Ejemplo 9

Se calentaron los aceros A a E que tienen una composición química facilitada en la tabla 12 a una temperatura de 1250°C, entonces se laminaron en caliente a una temperatura de acabado de 890°C, y se enrollaron a una temperatura de 620°C, mediante lo cual se elaboraron las chapas de acero de 1 a 5 con un grosor de 3,2 mm. Después de eso, como en el caso del ejemplo 4, se investigaron las propiedades de tracción y la razón de expansión de orificios en las porciones central y de borde en la dirección de anchura de chapa de acero. Además, se investigaron los precipitados en un microscopio electrónico de transmisión.

Los resultados se facilitan en la tabla 13.

Para las chapas de acero de 1 a 4 de los ejemplos de esta invención, la variación en las propiedades fue muy pequeña.

Por otro lado, para la chapa de acero 5 del ejemplo comparativo, sólo está contenido Ti como elemento de formación de carburos/nitruros, de manera que la EL y λ fueron bajas, y la variación en las propiedades fue grande.

Tabla 12

Acero	Composición química (% en peso)													Ti/(Mo+W)	Estructura
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Nb	Mo	Cr	W			
A	0.048	0.01	1.48	0.008	0.001	0.045	0.0038	0.081	0.010	0.16	0.050	0.071	0.8	F	
B	0.048	0.03	1.49	0.008	0.001	0.043	0.0037	0.088	0.012	0.15	0.051	0.098	0.9	F	
C	0.049	0.02	1.50	0.007	0.001	0.044	0.0035	0.085	0.013	0.10	0.052	0.200	0.8	F	
D	0.047	0.01	1.50	0.008	0.001	0.045	0.0035	0.087	0.012	-	0.055	0.400	0.8	F	
E	0.043	0.01	1.53	0.005	0.001	0.044	0.0034	0.186	0.009	-	0.051	-	-	F	

F: ferrita

Tabla 13

Chapa de acero	Acero	Propiedades de tracción		λ (%)	Variación en las propiedades		Observaciones
		TS (MPa)	EL (%)		Δ TS	Δ EL	
1	A	813	22	100	8	1.0	Ejemplo de la invención
2	B	822	20	105	13	1.2	Ejemplo de la invención
3	C	801	23	110	5	1.1	Ejemplo de la invención
4	D	808	21	108	3	0.9	Ejemplo de la invención
5	E	762	17	60	35	3.8	Ejemplo comparativo

REIVINDICACIONES

1. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que contiene
- 5 el 0,15% o menos de C,
 el 0,5% o menos de Si,
 del 0,5 al 2,0% de Mn,
 10 el 0,06% o menos de P,
 el 0,005% o menos de S,
 15 el 0,1% o menos de Al,
 el 0,006% o menos de N y
 del 0,02 al 0,35% de Ti,
 20 que contiene además
 del 0,05 al 0,7% de Mo en porcentaje en peso,
 25 que contiene además opcionalmente
 el 0,08% o menos de Nb,
 el 0,15% o menos de V,
 30 el 0,15% o menos de Cu,
 el 0,15% o menos de Ni, y
 35 el 0,5% o menos de Cr en porcentaje en peso
 siendo el resto Fe, y
 40 que consiste esencialmente en una matriz de fase única de estructura de ferrita y precipitados finos que son
 carburos compuestos que contienen Ti y Mo, con un tamaño de grano de menos de 10 nm dispersos en
 dicha matriz en la que dichos precipitados finos están dispersos en un número por volumen unitario de $5 \times 10^4/\mu\text{m}^3$ o más.
2. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que contiene
- 45 el 0,15% o menos de C,
 el 0,5% o menos de Si,
 50 del 0,5 al 2,0% de Mn,
 el 0,06% o menos de P,
 el 0,005% o menos de S,
 55 el 0,1% o menos de Al,
 el 0,006% o menos de N y
 del 0,02 al 0,35% de Ti,
 que contiene además
 del 0,01 al 1,5% de W en porcentaje en peso,
 60 que contiene además opcionalmente
- 65

- 5 el 0,08% o menos de Nb,
 el 0,15% o menos de V,
 el 0,15% o menos de Cu,
 el 0,15% o menos de Ni, y
 10 el 0,5% o menos de Cr en porcentaje en peso
 siendo el resto Fe, y
 15 que consiste esencialmente en una matriz de fase única de estructura de ferrita y precipitados finos que son carburos compuestos que contienen Ti y W con un tamaño de grano de menos de 10 nm dispersos en dicha matriz en la que dichos precipitados finos están dispersos en un número por volumen unitario de $5 \times 10^4/\mu\text{m}^3$ o más.
- 20 3. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia que contiene
 el 0,15% o menos de C,
 el 0,5% o menos de Si,
 25 del 0,5 al 2,0% de Mn,
 el 0,06% o menos de P,
 el 0,005% o menos de S,
 30 el 0,1% o menos de Al,
 el 0,006% o menos de N y
 35 del 0,02 al 0,35% de Ti,
 que contiene además
 del 0,05 al 0,7% de Mo, y
 40 del 0,01 al 1,5% de W en porcentaje en peso,
 que contiene además opcionalmente
 45 el 0,08% o menos de Nb,
 el 0,15% o menos de V,
 el 0,15% o menos de Cu,
 50 el 0,15% o menos de Ni, y
 el 0,5% o menos de Cr en porcentaje en peso
 55 siendo el resto Fe, y
 que consiste esencialmente en una matriz de fase única de estructura de ferrita y precipitados finos que son carburos compuestos que contienen Ti y Mo, con un tamaño de grano de menos de 10 nm dispersos en dicha matriz en la que dichos precipitados finos están dispersos en un número por volumen unitario de $5 \times 10^4/\mu\text{m}^3$ o más.
- 60 4. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 1, en la que el tamaño de grano de los carburos de Fe es menor de $1 \mu\text{m}$, y el porcentaje en volumen de los mismos es del 1% o menos.
- 65 5. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 1, en la que el contenido en

C, Ti y Mo representado en porcentaje en peso satisface la ecuación de $0,8 \leq (C/12) / [(Ti/48) + (Mo/96)] \leq 1,3$.

- 5 6. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 1, en la que el contenido en Ti y Mo representado por porcentaje atómico en precipitados finos satisface la ecuación de $0,1 \leq Ti/Mo \leq 3$.
- 10 7. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 1, en la que está contenido además al menos un elemento seleccionado del 0,08% o menos de Nb y del 0,15% o menos de V, y el contenido en Ti, Mo, Nb y V representado por porcentaje atómico en precipitados finos satisface la ecuación de $0,25 \leq Mo/(Ti + Nb + V + Mo)$, representándose cada contenido en porcentaje en peso.
- 15 8. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 1, en la que dicha chapa de acero consiste en el 0,06% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, del 0,02 al 0,10% de Ti, del 0,05 al 0,6% de Mo en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe.
- 20 9. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 1, en la que dicha chapa de acero consiste en el 0,06% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, del 0,02 al 0,10% de Ti, del 0,05 al 0,6% de Mo, al menos un elemento seleccionado del 0,08% o menos de Nb y el 0,15% o menos de V en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe.
- 25 10. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 1, en la que dicha chapa de acero consiste en más del 0,06% y el 0,15% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, más del 0,10% y el 0,35% o menos de Ti, del 0,3 al 0,7% de Mo en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe.
- 30 11. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 2, en la que dicha chapa de acero consiste en el 0,1% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, el 2% o menos de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, el 0,5% o menos de Cr, del 0,02 al 0,2% de Ti, el 0,08% o menos de Nb, del 0,01 al 1,5% de W en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, y el contenido en Ti y W representado por porcentaje atómico en precipitados finos satisface la ecuación de $0,1 \leq Ti/W$.
- 35 12. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 3, en la que dicha chapa de acero consiste en el 0,1% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, el 2% o menos de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, el 0,5% o menos de Cr, del 0,02 al 0,2% de Ti, el 0,08% o menos de Nb, del 0,05 al 0,6% de Mo, del 0,01 al 1,5% de W en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, y el contenido en Ti, Mo y W representado por porcentaje atómico en precipitados finos satisface la ecuación de $0,1 \leq Ti/(Mo + W)$.
- 40 13. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 8 ó 9 ó 10, en la que el contenido en C en disolución sólida es del 0,0020% o menos en porcentaje en peso.
- 45 14. Chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 8 ó 9 ó 10, en la que la ecuación de $(Si + Mo) \leq 0,5\%$ se satisface en porcentaje en peso.
- 50 15. Método para fabricar una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia, que comprende las etapas de:
- 55 producir un planchón de acero que consiste en el 0,06% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, del 0,05 al 0,6% de Mo, del 0,02 al 0,10% de Ti en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, y satisface la ecuación de $0,8 \leq (C/12)/[(Ti/48) + (Mo/96)] \leq 1,3$;
- 60 producir una chapa de acero laminado en caliente laminando en caliente dicho planchón de acero a una temperatura de punto de transformación de Ar3 o mayor; y
- enrollar dicha chapa de acero laminado en caliente a una temperatura de 550 a 700°C.
- 65 16. Método para fabricar una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia, que comprende las etapas de:
- producir un planchón de acero que consiste en el 0,06% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, del 0,05 al 0,6% de Mo, del 0,02 al 0,10% de Ti, al menos un elemento seleccionado del 0,08% o

menos de Nb y del 0,15% o menos de V en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe;

producir una chapa de acero laminado en caliente laminando en caliente dicho planchón de acero a una temperatura de punto de transformación de Ar3 o mayor; y

5 enrollar dicha chapa de acero laminado en caliente a una temperatura de 550 a 700°C.

17. Método para fabricar una chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia, que comprende las etapas de:

10 producir un planchón de acero que consiste en más del 0,06% y el 0,15% o menos de C, el 0,5% o menos de Si, del 0,5 al 2,0% de Mn, el 0,06% o menos de P, el 0,005% o menos de S, el 0,1% o menos de Al, el 0,006% o menos de N, más del 0,10% y el 0,35% o menos de Ti, del 0,3 al 0,7% de Mo en porcentaje en peso, y siendo el resto Fe, y satisface la ecuación de $0,8 \leq (C/12)/[(Ti/48) + (Mo/96)] \leq 1,3$;

15 producir una chapa de acero laminado en caliente laminando en caliente dicho planchón de acero a una temperatura de punto de transformación de Ar3 o mayor; y

20 enrollar dicha chapa de acero laminado en caliente a una temperatura de 550 a 700°C.

18. Chapa de acero galvanizado obtenida mediante galvanización por inmersión en caliente de la chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 8 ó 9 ó 10.

19. Pieza de chasis automovilístico que usa la chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 8 ó 9 ó 10.

20. Pieza de chasis automovilístico que usa la chapa de acero laminado en caliente de alta resistencia según la reivindicación 8 ó 9 ó 10, que tiene razón de expansión de orificios del 80% o más y resistencia a la tracción TS no inferior a 700 MPa, y en la que TS, elongación EL (%) y grosor de chapa t (mm) satisfacen la ecuación de $(TS \times EL)t^{0,2} > 12000$.

30

FIG. 1

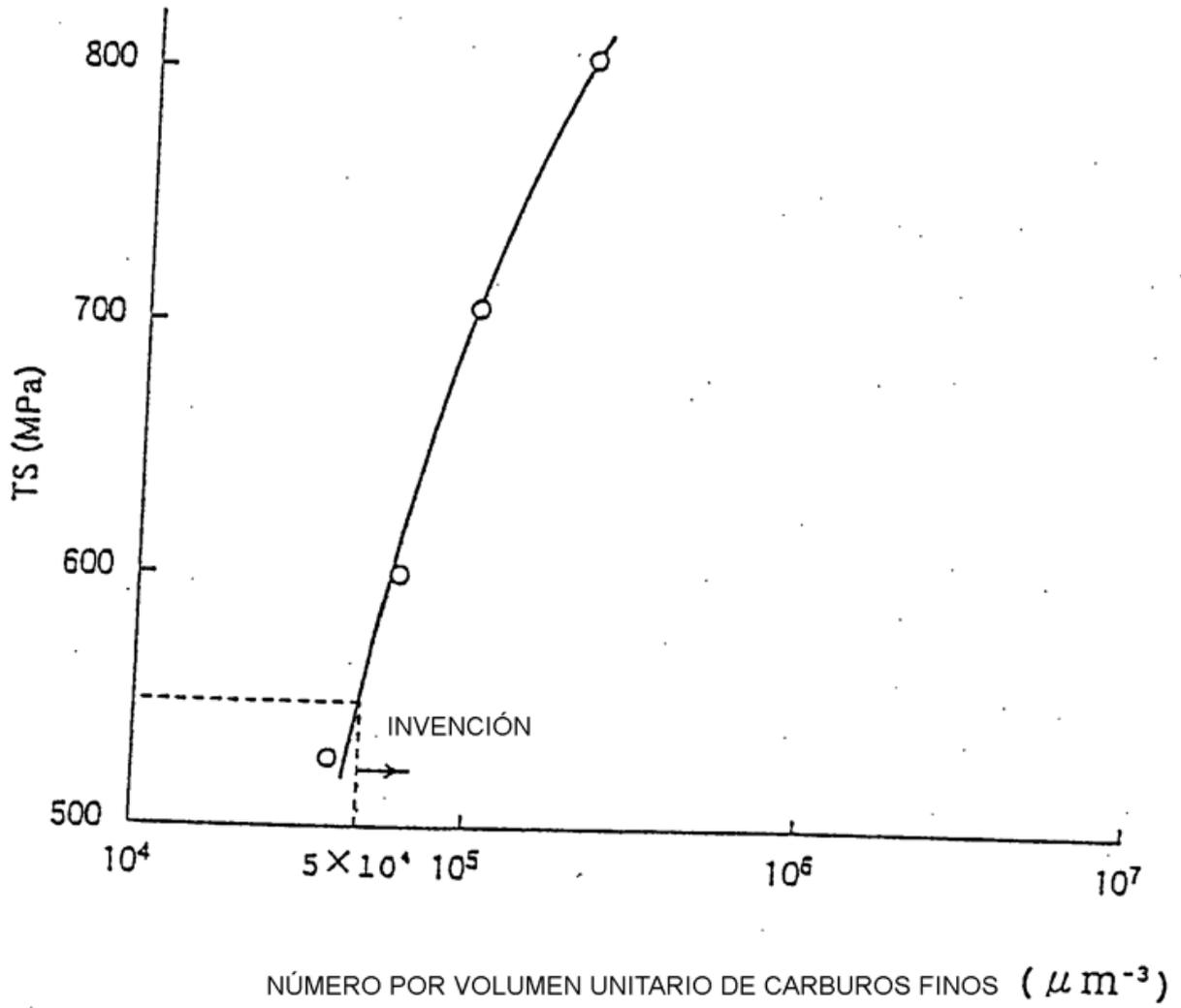


FIG. 2

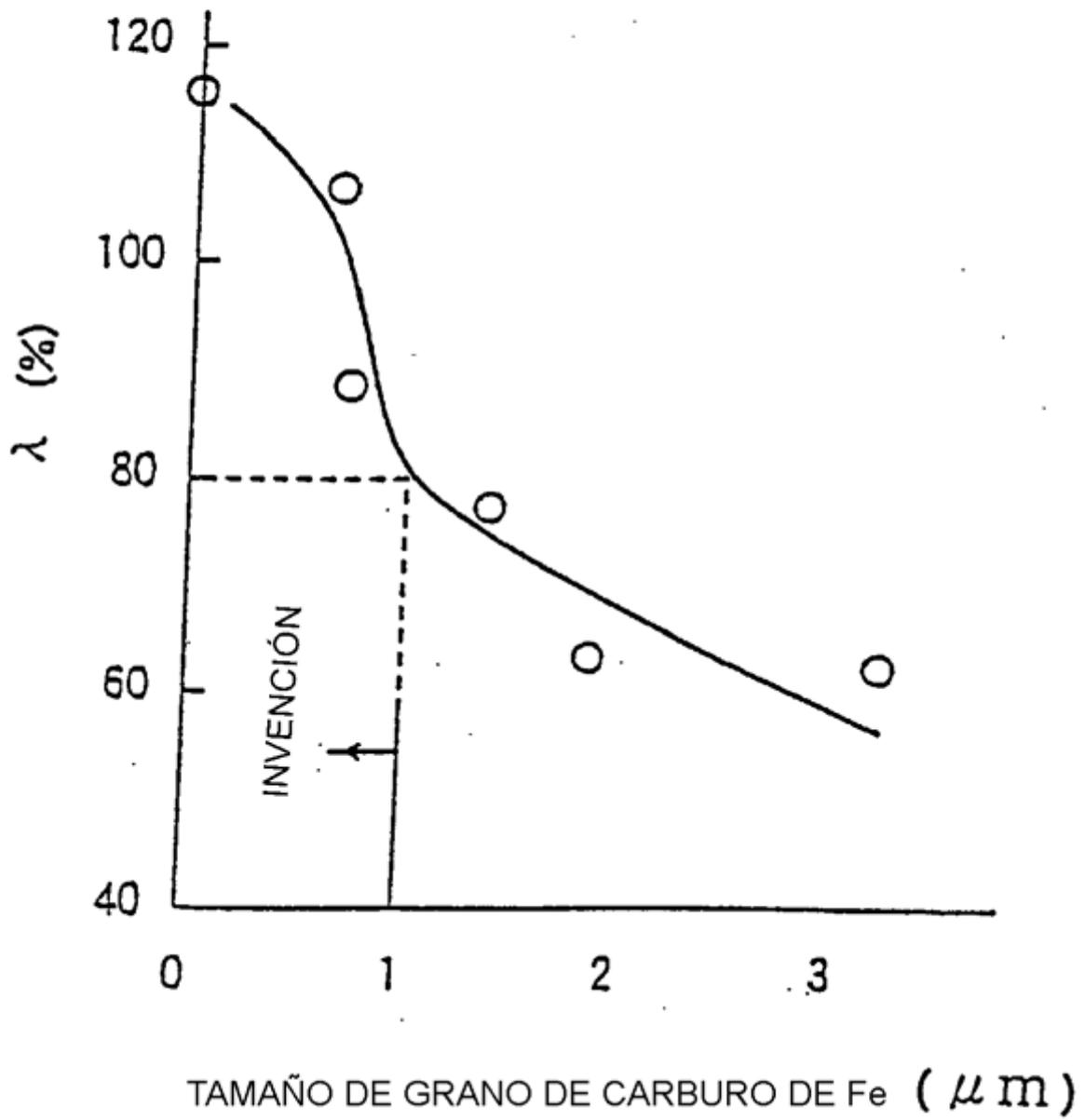


FIG. 3

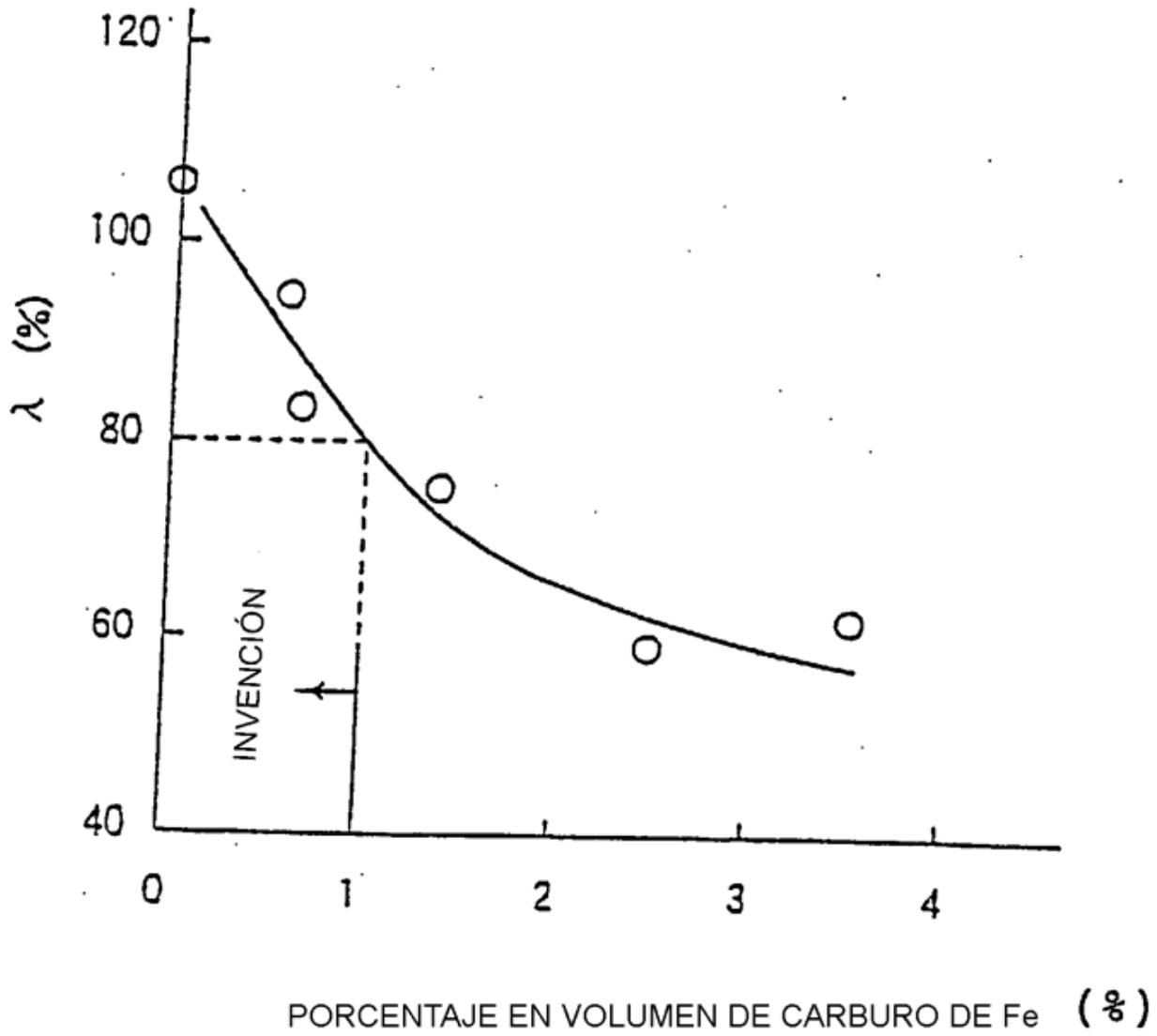


FIG. 4

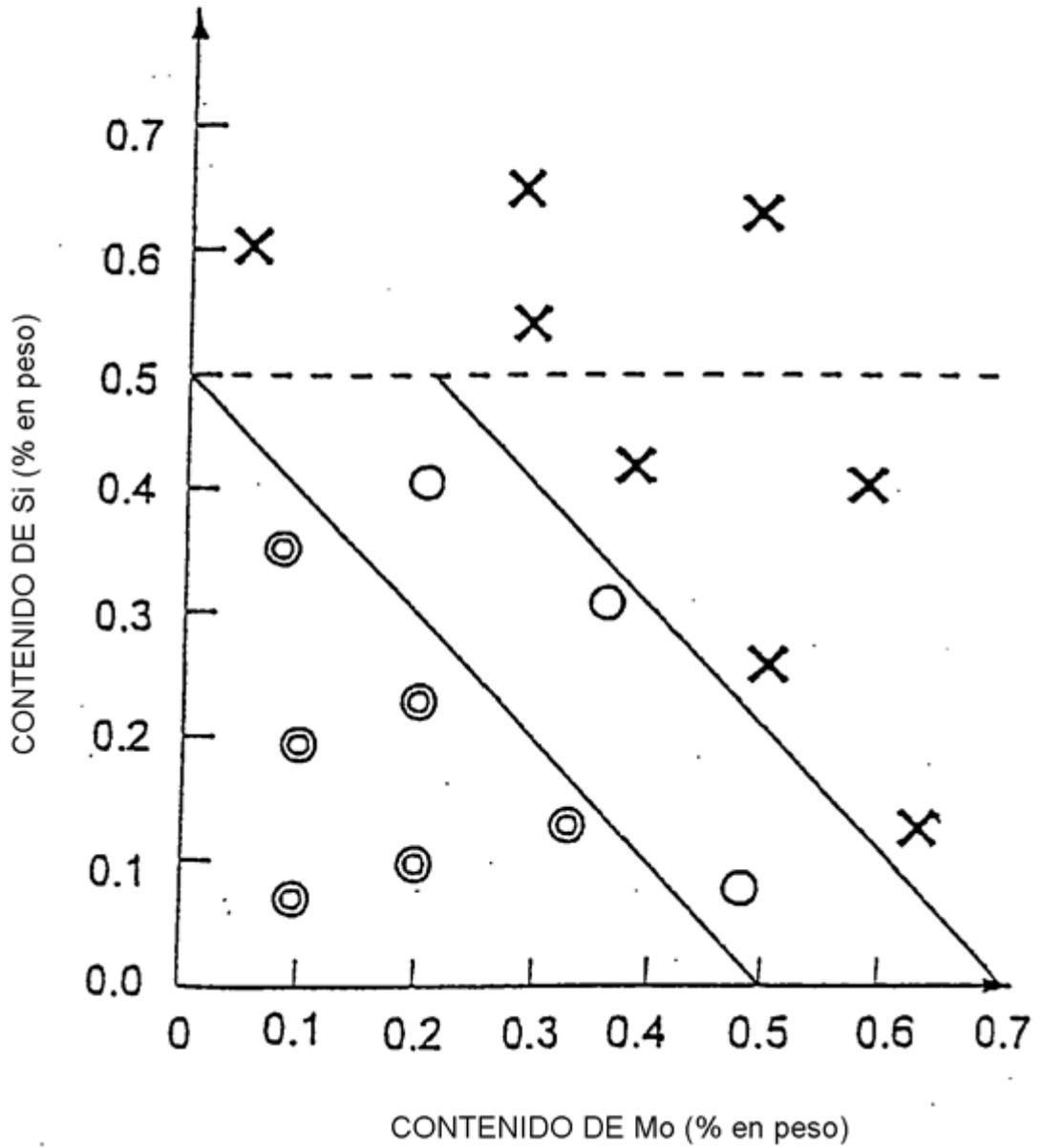


FIG. 5

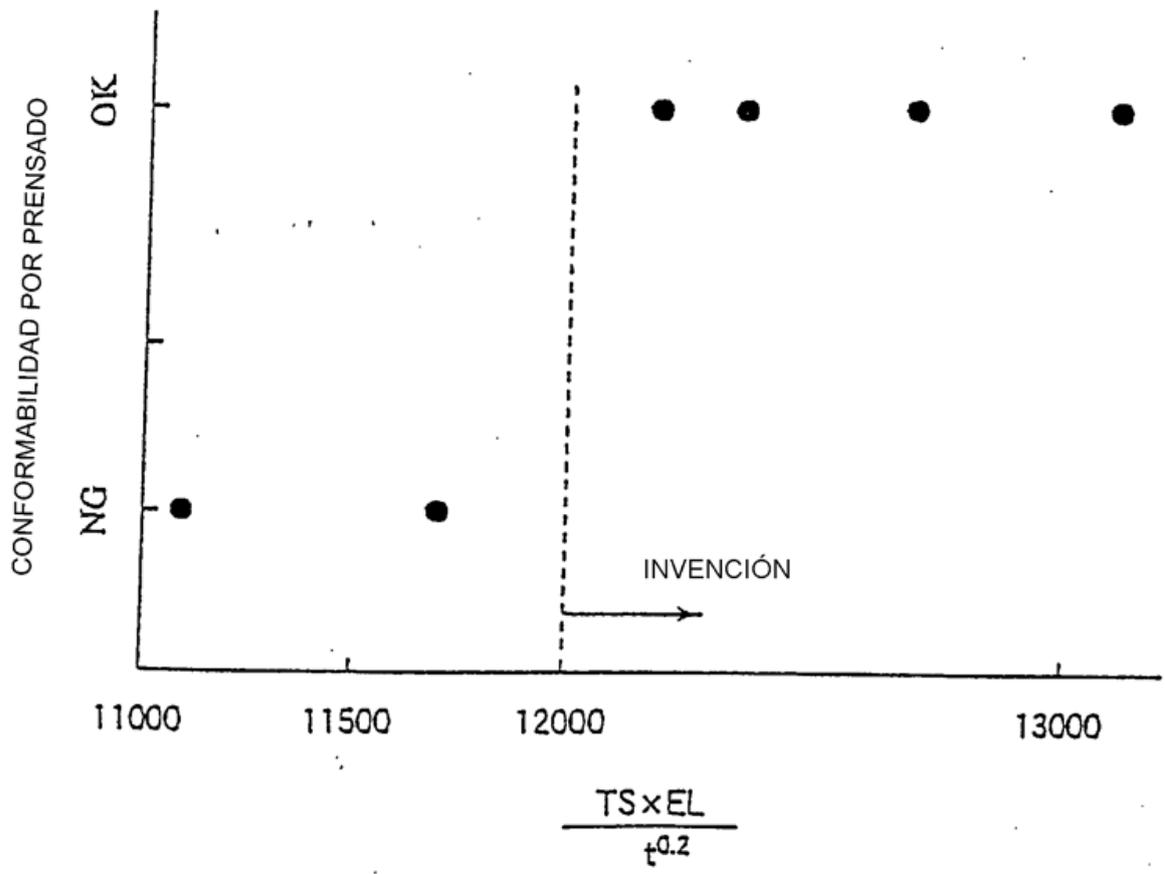


FIG. 6

