

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 854**

51 Int. Cl.:

C21D 6/00	(2006.01)	C21D 1/19	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C23C 2/06	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)	C23C 2/40	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)	C23C 2/28	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)	C22C 38/00	(2006.01)
C22C 38/28	(2006.01)		
C22C 38/32	(2006.01)		
C22C 38/60	(2006.01)		
C21D 1/40	(2006.01)		
C21D 1/42	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.05.2016 PCT/KR2016/004977**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **20.04.2017 WO17065371**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2016 E 16855589 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020 EP 3363917**

54 Título: **Método de fabricación para láminas de acero de alta resistencia**

30 Prioridad:

16.10.2015 KR 20150144556

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

15.02.2021

73 Titular/es:

**SAMHWA STEEL CO., LTD. (100.0%)
63 Nakong-aero 1428beon-gil, Sasang-gu
Busan 46905, KR**

72 Inventor/es:

AHN, SOON TAE

74 Agente/Representante:

SANZ-BERMELL MARTÍNEZ, Alejandro

ES 2 805 854 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

Método de fabricación para láminas de acero de alta resistencia

Sector técnico

- 5 La presente invención se refiere a un método de fabricación de láminas de acero de alta resistencia utilizadas principalmente como material para piezas de automóviles. Específicamente, la lámina de acero de alta resistencia tiene una resistencia a la tracción de 700-1.300 MPa y una elongación del 12% o más, y está compuesta de una estructura monofásica de martensita templada.

Estado de la técnica

- 10 En los últimos años, hay una tendencia internacional a regulaciones más estrictas en la eficiencia del combustible automovilístico para conseguir una eficiencia energética alta y la protección del medio ambiente. Los fabricantes de automóviles están intentando por lo tanto mejorar la eficiencia del combustible mediante el alcance de la reducción de peso a través del aumento de la resistencia de las láminas de acero para automóvil, habiendo sido utilizadas hasta ahora láminas de acero para automóviles que tienen una resistencia de alrededor de 600 MPa.
- 15 Entretanto, se ha conocido que se necesita una lámina de acero de una resistencia ultra alta que tenga una resistencia a la tracción de 780 MPa o más para la seguridad en la cabina en automóviles, pero las láminas de acero de alta resistencia que se han desarrollado y utilizado hasta el momento se han utilizado únicamente para piezas con formas simples, tales como un relleno y una solera lateral, debido a la limitación de maleabilidad de las mismas causada por un bajo grado de elongación.
- 20 Se conocen láminas de acero de alta resistencia representativas de entre los existentes el acero de doble fase (DP), el acero de fase compleja (CP) y el acero de plasticidad inducida por transformación (TRIP).

El acero DP es un acero de doble fase de ferrita-martensita en la estructura metálica, donde la elongación se mejora mediante el control de la fracción de ferrita con ductilidad, pero no se pueden garantizar una elongación y calidad uniforme suficientes debido a la dificultad del enfriamiento controlado.

- 25 El acero CP es un acero de fase compleja, donde se forma una fase compleja de martensita, bainita, ferrita, y austenita residual a través del enfriamiento controlado para conseguir una alta resistencia, pero no se pueden garantizar una elongación y calidad uniforme suficientes debido a la dificultad del enfriamiento controlado.

- Adicionalmente, el acero TRIP es una lámina de acero que exhibe una alta resistencia y una alta ductilidad utilizando la plasticidad inducida por transformación, pero la martensita sujeta a plasticidad inducida por transformación tiene
- 30 dureza, y por lo tanto es fácil que actúe como el punto de comienzo de una fractura en el tiempo de procesamiento, provocando la limitación de la forma del elemento al que se va a aplicar el acero TRIP.

En las patentes coreanas nro. 10-1320242 y 10-1406478 se muestran ejemplos específicos de láminas de acero de alta resistencia con una fase compleja. La primera describe una microestructura de lámina de acero fabricada mediante

laminación en caliente de una porción de una tabla formada de una pluralidad de elementos de aleación, incluyendo un 0.12 -0.18 % de carbono, seguido por una por inmersión en caliente, y seguido de un tratamiento térmico de aleación a unos 500°C, donde la microestructura de la lámina de acero está compuesta de martensita con una proporción de área del 50% o más y la ferrita y la austenita y perlita restantes ocupando la otra área, y exhibe una
5 resistencia a la tracción máxima de 1,150 MPa y una elongación máxima del 12%.

La segunda describe una microestructura de lámina de acero, que está compuesta de martensita autotemplada y bainita que tienen una proporción de área del 40-80%, ferrita que tiene una proporción de área del 7-20%, y la martensita restante y obtenida a través de un recocido controlado de una placa de losa formada por una pluralidad de elementos de aleación que incluyen el 0,05-0,15% de carbono, donde la hoja de acero tiene una resistencia máxima
10 a la tracción de 1.100 MPa y una elongación máxima del 11%.

Sin embargo, la microestructura de las láminas de acero de las dos patentes tiene fases complejas con respectivas fracciones predeterminadas de elementos, pero no una sola fase, por lo que el proceso de tratamiento térmico es difícil de controlar para obtener una microestructura de fase tan compleja y, por consiguiente, existe el problema de conseguir una tabla con características de calidad uniformes. Además, la resistencia y el alargamiento de las láminas
15 de acero de las dos patentes, que corresponden a las características de calidad de las láminas de acero de alta resistencia para un automóvil, son algo mejores en comparación con las de las láminas de acero anteriores, pero la resistencia y el alargamiento no cumplen los valores característicos necesarios para los automóviles actuales o futuros.

La patente europea 2 128 295 describe una lámina de acero galvanizado de alta resistencia con una maleabilidad mejorada y un método de fabricación. El método comprende: {i} calentar la lámina de acero a 600°C o más a una tasa
20 de 10°C/s o mayor, {ii} calentar aún más la lámina de acero a 750°C o más a una tasa de 1~10°C/s y luego mantener el acero calentado a esa temperatura durante 30 segundos o más, enfriando la lámina de acero a una temperatura de 350°C o menos a una tasa de 10°C o mayor, y {iv} calentar la lámina de acero a una temperatura de 350°C ~ 700°C y mantener la lámina de acero a esa temperatura durante 1 segundo o más.

JP 2009 127089 describe una lámina de acero de alta resistencia laminada en frío con propiedades mejoradas de elongación y estiramiento de la superficie, con una anisotropía de alargamiento reducida y con una mejor
25 moldeabilidad, que es adecuada para aplicaciones automovilísticas.

Descripción detallada de la invención

Problema técnico

La presente invención se ha realizado a la vista los problemas mencionados anteriormente, y proporciona un método
30 de fabricación de una lámina de acero de alta resistencia, comprendiendo el método:

calentamiento rápido por inducción de alta frecuencia de un material de lámina de acero hasta el punto de transformación Ac3 o más alto y luego mantenimiento de la hoja de acero calentada durante 3-30 segundos, comprendiendo el material de la lámina de acero

35 C: 0.08-0.30 % en peso ,
Si: 0.01-2.0 % en peso,
Mn: 0.30-3.0 % en peso,
P: 0,05 % en peso o menos,

S: 0,05 % en peso,

componente(s) adicional(es) opcional(es) que comprende(n) uno o más de:

5

Cr: 0,05-2,0 % de peso,
Mo: 0.05-2.0 % en peso,
B: 0.0003-0.0050 % en peso,
Ti: 0.01-0.20 % en peso,
Al: 0.01-0.10 % en peso,

y el equilibrio Fe e impurezas inevitables;

enfriamiento rápido de la lámina de acero en un estado calentado a 100°C/s o más usando agua o aceite;

10

templado de la lámina de acero a una temperatura de 500°C hasta el punto de transformación A1 durante 3-30 segundos, incluyendo el tiempo necesario para calentar y retener;

enfriamiento de la lámina de acero calentada utilizando agua.

Solución técnica

15

Los presentes inventores analizaron las limitaciones de las laminas de acero de alta resistencia convencionales para automóviles, y encontraron el hecho de que se necesita una estructura monofásica que sea preferentemente controlable en una estructura metálica con el fin de permitir que las dos características mecánicas satisfagan los requerimientos de una lamina de acero de alta resistencia para un automóvil, y luego realizaron investigaciones y experimentos junto con una composición química y un método de tratamiento térmico, que permiten que esa estructura

20

monofásica presente una resistencia y una elongación suficientemente elevadas.

Como resultado, los presentes inventores descubrieron el hecho de que un método de tratamiento térmico en el que un calentamiento rápido a una temperatura alta durante un periodo de tiempo corto utilizando calentamiento por inducción a alta frecuencia seguido por un enfriamiento rápido es adecuado para obtener una lamina de acero compuesta de una estructura monofásica de martensita templada que exhibe una resistencia y un alargamiento que satisfacen los requisitos para una hoja de acero de alta resistencia para un automóvil, y así completaron la presente invención.

25

Específicamente, se puede observar que no se puede obtener estructura monofásica de martensita templada se puede obtener mediante el simple revenido y templado de una lámina de acero (lámina de acero laminada en caliente o en frío), y que todas las estructuras monofásicas de martensita templada no pueden convertirse en láminas de acero con una resistencia a la tracción de 700-1.300 MPa y una elongación del 12% o más.

30

En otras palabras, los presentes inventores repitieron varios ensayos y experimentos basándose en el hecho de que incluso si se utiliza la misma estructura de martensita templada, el valor de resistencia a la tracción varía dependiendo de los elementos de aleación que contiene y sus contenidos; y otro valor de propiedad física (especialmente, la elongación) obtenido bajo la misma la resistencia a la tracción es significativamente diferente según los métodos de tratamiento térmico de revenido y templado y las condiciones. Como resultado de ello, los presentes inventores pudieron confirmar que cuando una losa de material formada por elementos de aleación de un sistema de

35

componentes adecuado se lamina en caliente y en frío, y luego se somete a un revenido y templado a una temperatura de calentamiento, tiempo de calentamiento y velocidad de enfriamiento adecuadas, se puede fabricar una lámina de acero de alta resistencia con una estructura metálica de martensita templada monofásica que tiene una elongación del 12% o más y una resistencia a la tracción de 700-1.200 MPa.

- 5 La lamina de acero puede tener adicionalmente una capa de galvanización en caliente formada en su superficie.

Los efectos de los respectivos componentes de aleación en la composición química de la lámina de acero de alta resistencia y la razón para seleccionar los rangos de contenido de los respectivos componentes de aleación son los siguientes.

C: 0,08-0,30 % en peso

- 10 El C es el elemento más importante que se añade para aumentar la resistencia de un material de acero en el momento del revenido. Si el contenido de C es de 0,08 % en peso o menos, la dureza obtenida después del revenido es baja, y por lo tanto la temperatura de temple para obtener una fuerza de tracción deseada de la presente invención se baja a 500°C o más baja, no asegurando la suficiente ductilidad. Si el contenido de C supera el 0,30 % en peso, la ductilidad se degrada y la resistencia a la deformación aumenta debido a la precipitación de una gran cantidad de carburos, por lo que existe una alta posibilidad de que se produzcan grietas cuando la lámina de acero se procesa en piezas de automóviles.

Si: 0,01-2,0 % en peso

- 20 El Si es un elemento que se añade al acero para desoxidarlo y aumentar su resistencia sin degradar la ductilidad del acero. Si el contenido de Si es de 0,01 % en peso o menos, tal efecto es insuficiente. Si el contenido de Si supera el 2,0 % en peso, los carburos precipitados aumentan y, por lo tanto, la resistencia a la deformación aumenta, lo que provoca la aparición de grietas y la disminución de la vida útil de las herramientas en el momento de la elaboración de las láminas de acero. La razón es que el Si se solubiliza en los carburos precipitados para obstaculizar el movimiento de los elementos de carbono, impidiendo así la esferificación de los carburos.

Mn: 0.30-3,0 % en peso

- 25 El Mn es un elemento que es útil para aumentar la propiedad de revenido del acero para asegurar una alta resistencia. El Mn también es un elemento que compensa la disminución de la fuerza en los aceros de bajo contenido de C y de Si añadido, que evitan un aumento de resistencia a la deformación, que puede ocurrir cuando se añade un exceso de C o Si. Aunque se necesita al menos un 0,30 % del peso del Mn para esperar tal efecto, la cantidad de adición no debe exceder el 3,0 % en peso, ya que la adición excesiva del Mn aumenta la dureza y la resistencia a la deformación.

- 30 Cr: 0,05-2,0 % en peso

El Cr es un elemento que se añade para mejorar la fuerza, la dureza de revenido y la resistencia. Si el contenido de Cr es inferior al 0,05 % en peso, los efectos de mejora de tales características son insuficientes. Si el contenido de Cr supera el 2,0 % en peso, la eficiencia económica será menor ya que el Cr es comparativamente caro.

Mo: 0,05-2,0 % en peso

ES 2 805 854 T3

Los efectos adicionales de Mo son casi los mismos que los de Cr. Si el contenido de Mo es inferior al 0,05 % en peso, los efectos son insuficientes. Si el contenido de Mo supera el 2,0 % en peso, la resistencia a la deformación para el trabajo en frío aumenta y, por lo tanto, la cantidad añadida de Mo se restringe para no superar el 2,0 % en peso.

B: 0,0003-0,0050 % en peso

- 5 B es un elemento que mejora la propiedad del revenido. Si el contenido de B es inferior a 0,0003 % en peso, los efectos de la adición no están claros. Si el contenido de B excede el 0,0050% de peso, la propiedad del revenido se deteriora.

Ti: 0,01-0,20 % en peso

- 10 El Ti tiene un efecto de aumento de la fuerza del revenido a través de la coexistencia con el B, y también tiene un gran efecto en el refinamiento de los granos de cristal de austenita. Sin embargo, si el contenido de Ti es inferior al 0,01% en peso, tales efectos son insuficientes. Si el contenido de Ti excede el 0,20 % en peso, se genera una gran cantidad de inclusiones y por lo tanto se reducen varios valores de propiedades físicas requeridas.

Al: 0,01-0,10 % en peso

- 15 El Al tiene un efecto de inhibición del crecimiento de los granos de cristal de austenita al combinarse con el nitrógeno. Sin embargo, el exceso de aluminio induce la generación de una gran cantidad de inclusiones de óxido de aluminio, causando el deterioro de la ductilidad. Por lo tanto, un rango de 0,01-0,10 % en peso es preferible para lograr el propósito de la presente invención.

P, S: 0.05 % en peso o menos

- 20 El P y el S son elementos de impureza inevitables del acero. El P y el S se segregan en las fronteras de los granos de cristal en el templado, disminuyendo la dureza del impacto y disminuyendo la relación de deformación durante el trabajo en frío. Por lo tanto, es necesario restringir su contenido a no más del 0,05 % de peso, si es posible.

- 25 Como material de la lámina de acero utilizada en la presente invención, se utiliza un tablero obtenido por laminación en caliente de una losa que tiene la composición química anterior y luego se utiliza la laminación en frío de la losa a un espesor predeterminado. Aquí, las condiciones y métodos para la laminación en caliente no son importantes. Es decir, incluso si la hoja de acero está laminada bajo cualquier condición, el calentamiento rápido subsiguiente y el enfriamiento rápido bajo las condiciones de la presente invención dan una nueva estructura metálica deseada, y por lo tanto las condiciones para la laminación en caliente no necesitan limitarse. Por la razón anterior, la laminación en frío tampoco requiere condiciones especiales y puede aplicarse únicamente con el fin de hacer superficies bonitas o aumentar precisión dimensional, y si es necesario, puede omitirse para reducir los costes de fabricación. Usualmente, 30 el laminado en caliente se lleva a cabo con un espesor de 3-4 mm y el laminado en frío después del laminado en caliente se lleva a cabo con un espesor de 1-2 mm. Si necesario, el laminado en caliente puede llevarse a cabo con un espesor de 1-2 mm para reducir los costes.

- 35 La etapa de calentamiento rápido y retención es un proceso para obtener una alta resistencia a la tracción, incluso cuando los elementos de aleación se reducen al refinar los granos de cristal de austenita. El calentamiento rápido se lleva a cabo a través de un dispositivo de calentamiento por inducción de alta frecuencia. Si el tiempo para dicho

ES 2 805 854 T3

calentamiento rápido es inferior a 3 segundos, el calentamiento es insuficiente, lo que da lugar a estructuras multifásicas de ferrita, perlita y austenita sin transformar. Si el tiempo superara los 60 segundos, los granos de cristal de austenita se vuelven demasiado gruesos, afectando a la fragilidad.

5 La etapa para llevar a cabo un enfriamiento rápido a 100°C/s o más sigue a la etapa de calentamiento rápido y retención. La razón por la que se lleva a cabo un proceso de enfriamiento tan rápido es que se puede generar una estructura de fase compleja de ferrita, bainita y martensita a una velocidad de enfriamiento de 100°C/s o menos, y por lo tanto no se puede obtener un grado deseado de martensita monofásica.

10 A continuación, se lleva a cabo un proceso de templado a alta temperatura a 500°C hasta el punto de transformación A1, como otro proceso central del método de fabricación de una lámina de acero de alta resistencia. En el momento del templado, el calentamiento a 500°C o mayor conduce a la esferificación de los carburos precipitados y a una reducción significativa de la tensión y el potencial remanente dentro de los carburos, disminuyendo así notablemente la aparición de grietas en el momento del trabajo en frío, como el prensado. Sin embargo, si el calentamiento se lleva a cabo de tal manera que la temperatura de templado supera el punto de transformación A1, la austenita se precipita, y por lo tanto existe la posibilidad de que se forme una estructura mixta de martensita y martensita templada después
15 del enfriamiento, sin obtener una única fase uniforme de martensita templada. Por lo tanto, la temperatura de templado está dentro de un rango de temperatura entre 500°C y el punto de transformación A1.

Mientras tanto, el efecto del templado es insuficiente cuando el tiempo de calentamiento es inferior a 3 segundos, y los carburos precipitados se vuelven gruesos y causan un deterioro de la fuerza si el tiempo de calentamiento fuera superior a 60 segundos.

20 Después de la etapa de templado, adicionalmente se puede llevar a cabo un proceso de laminado con un ratio de reducción del 10% o menos. Este proceso de laminado, como el proceso de laminación en frío que puede realizarse opcionalmente después de la laminación en caliente, se lleva a cabo con el fin de obtener una lámina de acero con una superficie hermosa, y es preferible un ratio de reducción del 5% o menos.

25 Además, se puede llevar a cabo un tratamiento de galvanización por inmersión en caliente o un tratamiento de aleación después de un tratamiento de galvanización en caliente en la lámina de acero obtenida mediante el método de fabricación descrito anteriormente.

30 El tratamiento de galvanización por inmersión en caliente se lleva a cabo a través de un método habitual, por lo que la temperatura del baño de galvanización por inmersión en caliente en el que se deposita una lámina de acero es preferentemente de 400-500°C. Además, el tratamiento de aleación después del tratamiento de galvanización por inmersión en caliente se realiza en una línea de galvanización en caliente consecutiva, y aquí, la temperatura es de aproximadamente 400-600°C. Sin embargo, si la temperatura del baño de galvanización en caliente o la temperatura para el tratamiento térmico de aleación supera la temperatura de templado, la resistencia a la tracción puede disminuir, y por lo tanto, la temperatura del galvanización por inmersión en caliente o la temperatura para el tratamiento térmico de aleación debe limitarse a la temperatura de templado o a una temperatura inferior.

35 Como resultado de numerosos experimentos llevados a cabo a través del método según la presente invención, se descubrió que el rango de resistencia a la tracción de la lámina de acero, que tiene una única fase de martensita templada a través de la composición química anterior y que se puede obtener de forma estable una elongación deseada del 12% o más, es de 700- 1.300 MPa.

Una estructura monofásica de martensita templada con una resistencia a la tracción de 700-1.300 MPa y una elongación del 12% o más no puede obtenerse mediante el simple revenido y templado de una lámina de acero y, como se ha descrito anteriormente, corresponde a los resultados obtenidos mediante la combinación orgánica de los respectivos componentes característicos: una composición química adecuada de un material de una lámina de acero; 5 el refinamiento de los granos de cristal mediante un calentamiento rápido; y la obtención de una ductilidad suficiente mediante el templado a alta temperatura.

Para lograr un calentamiento y un enfriamiento rápidos, el revenido y el templado se realizan mediante un dispositivo de calentamiento por inducción de alta frecuencia conectado en una serie de procesos. Además, incluso cuando se utiliza un dispositivo de calentamiento por resistencia para la etapa de templado, no hay diferencia en los productos 10 siempre que se apliquen las condiciones de tratamiento térmico de la presente invención. Por lo tanto, el calentamiento por resistencia en la etapa de templado entra dentro del ámbito de las reivindicaciones de la presente invención.

La Fig. 1 muestra de forma esquemática un método de fabricación para un lamina de acero de alta resistencia de acuerdo con la presente invención como se ha descrito anteriormente.

Efectos ventajosos

15 La lámina de acero de alta resistencia fabricada según el método de la presente invención tiene una resistencia a la tracción de 700-1.200 MPa y una elongación del 12% o más, y por lo tanto tiene una mejor resistencia a la tracción en comparación con una lámina de acero existente para automóviles. Por lo tanto, la hoja de acero de alta resistencia puede mejorar la eficiencia del combustible debido a una reducción del peso del cuerpo del automóvil a través de una reducción de espesor de una hoja de acero para una parte del automóvil, y puede utilizarse como material para una 20 parte de un automóvil con una forma complicada basándose en un alto alargamiento de la misma.

Además, la lámina de acero de alta resistencia está compuesta únicamente de martensita templada monofásica, y no de una estructura de fases complejas en la que se mezclan múltiples fases mientras que se mantiene una proporción predeterminada de las múltiples fases, y así se hace mucho más fácil un proceso de tratamiento térmico en comparación con un proceso de tratamiento térmico difícilmente controlable que debe llevarse a cabo para mantener 25 las fracciones de las respectivas fases en la estructura de fase compleja, reduciendo así los costes de fabricación, y obteniendo así fácilmente una hoja de acero de calidad uniforme.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un diagrama de flujo del proceso de fabricación de una lámina de acero de alta resistencia de acuerdo con el método de la presente invención.

30 La Fig. 2 es una imagen ampliada de una estructura de una muestra según un ejemplo de la presente invención, que muestra una estructura monofásica de martensita templada.

La Fig. 3 imagen ampliada que muestra una estructura metálica compuesta de dos fases de ferrita y martensita templada como una muestra de acuerdo con un ejemplo comparativo.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

ES 2 805 854 T3

El proceso de fabricación específico que incluye el propósito y las características técnicas de la presente invención se entenderá más aparentemente a través de los siguientes ejemplos preferentes de la presente invención.

(Ejemplo 1)

Cada losa que tiene una composición química como la mostrada en la tabla 1 siguiente fue laminada en caliente hasta un espesor de 2,8 mm y posteriormente fue laminada en frío, obteniendo así una lamina de acero con un espesor de 1,5 mm.

(Tabla 1)

Composición química de la muestra											
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	B	Al	Ti	Fe
Muestra 1	0.09	1.37	2.21	0.011	0.008	-	-	-	0.02	-	bal.
Muestra 2	0.18	0.17	0.73	0.002	0.004	0.75	-	0.0025	-	0.03	bal.
Muestra 3	0.22	0.09	0.89	0.004	0.005	0.91	0.20	-	-	-	bal.
Muestra 4	0.28	0.25	0.85	0.013	0.008	-	-	-	-	0.02	bal.

La lámina de acero laminada fue sometida a un revenido y templado utilizando un dispositivo de calentamiento por inducción de alta frecuencia conectado en una serie de procesos mientras que la temperatura de calentamiento, el tiempo de calentamiento y la velocidad de enfriamiento se modificaron en las condiciones que se muestran en la tabla 2, fabricando así muestras de láminas de acero.

Se recogió una pieza de observación de la estructura de la muestra de la lámina de acero y luego se sometió a un grabado de origen, y la estructura metálica de la pieza fue observada mediante un microscopio óptico. Se midieron la resistencia a la tracción y la elongación entre las propiedades mecánicas con un tester de materiales universal utilizando una muestra de prueba de tracción JIS 5. Los resultados de la medición se muestran en la tabla 2.

(Tabla 2)

Condiciones del tratamiento térmico y características mecánicas de las muestras											
Muestra	Ejemplo comparativo	Laminado en frío (O, X)	Condiciones del revenido			Condiciones del templeado			Estructura metálica	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación (%)
			Temperatura de calentamiento (°C)	Tiempo de calentamiento (s)	Tasa de enfriamiento (°C/s)	Temperatura de calentamiento (°C)	Tiempo de calentamiento (s)	Método de enfriamiento			
Muestra 1	Ejemplo comparativo 1	O	910	8	300	430	8	Mediante agua	TM	1110	10.1
	Ejemplo 1	O	910	8	300	500	8	Mediante agua	TM	995	13.8
	Ejemplo 2	O	910	8	300	550	8	Mediante agua	TM	943	15.6
	Ejemplo comparativo 2	O	910	8	80	550	8	Mediante agua	F+B+TM	680	15.4
	Ejemplo 3	O	910	8	300	630	8	Mediante agua	TM	825	17.6
	Ejemplo 4	O	910	8	300	690	8	Mediante agua	TM	750	21.9
	Ejemplo comparativo 3	X	790	15	300	520	12	Mediante agua	F+TM	875	7.5
Muestra 2	Ejemplo comparativo 4	X	790	15	25	520	12	Mediante agua	F+B+TM	830	11.1
	Ejemplo comparativo 5	X	880	15	50	520	12	Mediante agua	B+TM	885	11.8
	Ejemplo 5	X	880	15	150	520	12	Mediante agua	TM	1040	15.3
	Ejemplo 6	X	880	15	150	630	12	Mediante agua	TM	932	18.7
	Ejemplo 7	X	880	15	300	690	12	Mediante agua	TM	805	21.2

(continuación)

Condiciones del tratamiento térmico y características mecánicas de las muestras											
	Laminado en frío (O, X)	Condiciones del revenido			Condiciones del templeado			Estructura metálica	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación (%)	
		Temperatura de calentamiento (°C)	Tiempo de retención del calentamiento (s)	Tasa de enfriamiento (°C/s)	Temperatura de calentamiento (°C)	Tiempo de retención del calentamiento (s)	Método de enfriamiento				
Muestra 3	○	900	10	300	380	2	Mediante agua	M	1450	5.1	
	○	900	10	300	500	5	Mediante agua	TM	1170	13.2	
	○	900	10	300	630	15	Mediante agua	TM	958	16.2	
	×	900	10	300	630	15	Mediante agua	TM	951	15.9	
	○	900	10	300	695	20	Mediante agua	TM	860	18.3	
	○	900	10	300	690	65	Mediante agua	TM	680	23.2	
Muestra 4	○	780	15	300	520	12	Mediante agua	F+TM	943	6.8	

(continuación)

Condiciones del tratamiento térmico y características mecánicas de las muestras										
	Laminado en frío (O, X)	Condiciones del revenido			Condiciones del templeado			Estructura metálica	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación (%)
		Temperatura de calentamiento (°C)	Tiempo de retención del calentamiento (s)	Tasa de enfriamiento (°C/s)	Temperatura de calentamiento (°C)	Tiempo de retención del calentamiento (s)	Método de enfriamiento			
Ejemplo comparativo 9	O	780	15	25	520	12	Mediante agua	F+B+TM	907	9.2
Ejemplo comp.10	O	880	15	50	520	12	Mediante agua	B+TM	965	9.9
Ejemplo comp.11	O	880	15	150	400	12	Mediante agua	TM	1465	8.9
Ejemplo 12	O	880	15	150	500	12	Mediante agua	TM	1250	13.1
Ejemplo 13	X	880	15	300	650	12	Mediante agua	TM	1030	14.9
Ejemplo 14	O	880	15	300	650	12	Mediante agua	TM	1000	15.6
Ejemplo comp.12	O	880	15	300	720	12	Mediante agua	M+TM	1210	8.9

*TM: Martensita templada, F: Ferrita, M: Martensita, B: Bainita

Como puede observarse en la tabla 2 anterior, cuando una lámina de acero con fase única de martensita templada se fabricó llevando a cabo los procesos de revenido y templado a través de un calentamiento y un enfriamiento rápidos en un material de una lámina de acero que tenía la composición química definida según el método de la presente invención, la lámina de acero exhibía de forma estable una elongación del 12% o más, siendo incluso alta la resistencia a la tracción de la lámina de acero, 700-1.300 MPa.

Se puede ver que incluso en las muestras que tienen la misma composición química, cuando la temperatura de calentamiento antes del revenido era baja (ejemplo comparativo 3) o la tasa de enfriamiento después del calentamiento era baja (ejemplo comparativo 2) para que se generaran estructuras multifásicas (F+TM, F+B+TM), además de martensita templada, la resistencia a la tracción fue baja (ejemplo comparativo 2) o la elongación no alcanzó un valor objetivo (ejemplo comparativo 3) incluso en el mismo rango de resistencia a la tracción.

Se puede observar que incluso en la fase única de martensita templada, cuando la temperatura de calentamiento de templado es inferior al rango de temperaturas de templado (500°C al punto de transformación A1) según el método de la presente invención, la elongación es inferior a un valor objetivo (12% o más) (ejemplo comparativo 1), y cuando la temperatura de calentamiento de templado supera el punto de transformación A1, por el contrario, la elongación se reduce considerablemente ya que la martensita se precipita en el momento del enfriamiento (ejemplo comparativo 12).

Mientras tanto, se confirmó que a pesar de que el calentamiento se realizó durante un periodo corto de 3 a 60 segundos en el momento del revenido y el templado utilizando un dispositivo de calentamiento por inducción de alta frecuencia como dispositivo de calentamiento, se podría obtener una estructura de martensita templada que tiene una alta resistencia a la tracción de 700-1.300 MPa y una elongación suficiente del 12% o superior.

Además, el método de fabricación de la presente invención es económico, ya que se puede fabricar una lámina de acero de alta resistencia que tenga una elongación del 12% o más y un amplio rango de resistencia a la tracción, 700-1.300 MPa, a través de un proceso único que es relativamente fácil de controlar.

De los resultados anteriores, no se puede obtener la lámina de acero que tenga las propiedades requeridas simplemente mediante el revenido y temple de una lámina de acero, pero puede obtenerse cuando se combinan orgánicamente una composición química adecuada de un material de una lámina de acero, un dispositivo de tratamiento térmico adecuado, y las condiciones adecuadas para el calentamiento y el enfriamiento rápido a través de una serie de procesos.

REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación una lámina de acero de alta resistencia, comprendiendo dicho método:

calentamiento rápido por inducción de alta frecuencia de un material de lámina de acero hasta el punto de transformación Ac3 o más alto, y luego mantenimiento de la hoja de acero calentada durante 3-30 segundos, comprendiendo el material de la lámina de acero

C: 0.08-0.30 % en peso,
Si: 0.01-2.0 % en peso,
Mn: 0.30-3.0 % en peso,
P: 0,05 % en peso o menos,
S: 0,05 % en peso,

componente(s) adicional(es) opcional(es) que comprende(n) uno o más de:

Cr: 0,05-2,0 % de peso,
Mo: 0.05-2.0 % en peso,
B: 0.0003-0.0050 % en peso,
Ti: 0.01-0.20 % en peso,
Al: 0.01-0.10 % en peso,

y el equilibrio Fe e impurezas inevitables;

enfriamiento rápido de la lámina de acero en un estado calentado a 100°C/s o más usando agua o aceite;

templado de la lámina de acero a una temperatura de 500°C hasta el punto de transformación A1 durante 3-30 segundos, incluyendo el tiempo necesario para calentar y mantener;

enfriamiento de la lámina de acero calentada utilizando agua.

2. Método, según la reivindicación 1, en el que una capa de galvanización en caliente se forma en una superficie de la lámina de acero mediante la adición de una etapa de formación de una capa de revestimiento posterior a la etapa de enfriamiento de la lámina de acero calentada utilizando agua.

3. Método, según la reivindicación 2, en el que la lamina de acero se recalienta en una etapa de tratamiento térmico de aleación que se añade después de la etapa de formación de la capa de revestimiento

Fig.1

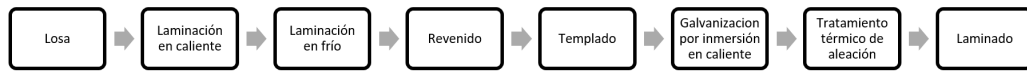


Fig.2

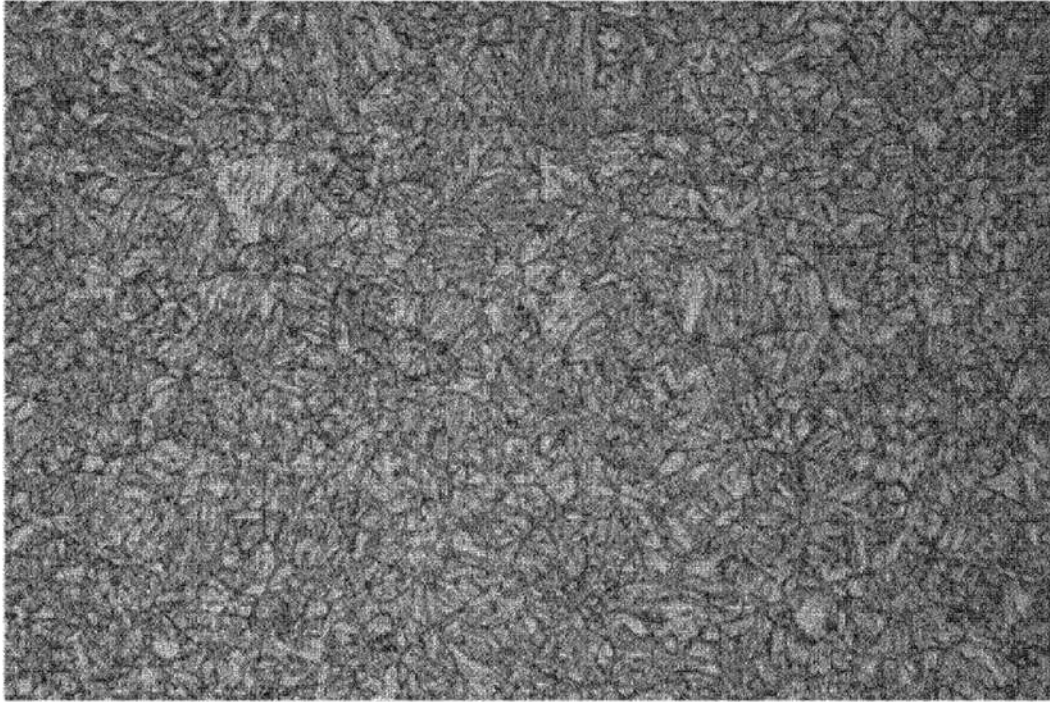


Fig.3

