

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 560 457**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C21C 7/00 (2006.01)

C22C 38/14 (2006.01)

C22C 38/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2009 E 09762566 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.01.2016 EP 2312004**

54 Título: **Lámina de acero de alta resistencia y método para producir acero fundido para la lámina de acero de alta resistencia**

30 Prioridad:

13.06.2008 JP 2008155655

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

19.02.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**YAMAMOTO, KENICHI;
SASAI, KATSUHIRO;
YAMAMURA, HIDEAKI;
HARADA, HIROSHI y
KAWASAKI, KAORU**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 560 457 T3

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

DESCRIPCIÓN

Lámina de acero de alta resistencia y método para producir acero fundido para la lámina de acero de alta resistencia

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a una lámina de acero de alta resistencia que es adecuada para la parte inferior de máquinas de transporte y similares y, más particularmente, a una lámina de acero de alta resistencia con excelentes propiedades de fatiga y conformabilidad de expansión, así como un método para producir acero fundido para la lámina de acero de alta resistencia.

Antecedentes de la técnica

10 Hay una demanda creciente de un aumento de la resistencia y una reducción del peso de láminas de acero laminadas en caliente para automotores desde el punto de vista de la mejora en la eficacia energética vinculada con las mejoras en la seguridad automotriz y la protección del ambiente. Particularmente, la masa de estructuras y brazos, la que se denomina como sistemas de cuerpo inferior entre partes de automotores, constituye una gran parte de la masa total de un vehículo. De esta forma, un material utilizado para dichas partes se procesa para tener una mayor resistencia y, por lo tanto, para ser más delgado y así se puede lograr la reducción del peso del vehículo.

15 Además, el material utilizado para los sistemas de cuerpo inferior requiere propiedades de fatiga superiores desde el punto de vista de la durabilidad con relación a la oscilación mientras el vehículo se encuentra en movimiento y, por lo tanto, las láminas de acero de alta resistencia son ampliamente utilizadas. Entre ellas, las láminas de acero laminadas en caliente se utilizan principalmente por motivos de ventaja económica.

20 Entre las láminas de acero laminadas en caliente, se conocen láminas de acero DP con una relación de bajo rendimiento en las cuales se combina una fase de ferrita y una fase de martensita, y láminas de acero TRIP en las cuales se combina una fase de ferrita y una fase austenítica (remanente) como láminas de acero, ambas con una alta resistencia, así como viabilidad y conformabilidad. No obstante, mientras que estas láminas de acero tienen una alta resistencia y una excelente viabilidad y ductilidad, no puede decirse que tienen una excelente expansibilidad de orificios, es decir, conformabilidad de expansión. En el caso de las partes constituyentes que requieren una

25 conformabilidad de expansión, tal como las partes de cuerpo inferior, generalmente se utilizan las láminas de acero de bainita, a pesar de su ductilidad levemente deficiente.

Una razón considerable para la deficiencia de la conformabilidad de extensión de las láminas de acero de estructura compuesta, tales como una lámina de acero de estructura compuesta (en lo sucesivo, podrá ser denominada "lámina de acero DP") formada a partir de una fase de ferrita y una fase de martensita es que, dado que las láminas

30 de acero de estructura compuesta son cuerpos compuestos de una fase de ferrita blanda y una fase de martensita rígida, la tensión se concentra en las partes limítrofes entre ambas fases en la expansión del orificio y, por lo tanto, las partes limítrofes se tornan fácilmente en puntos de partida de fractura debido a la incapacidad de adaptarse a las deformaciones.

35 Para solucionar este problema, se proponen diversas láminas de acero, en las cuales una lámina de acero DP funciona como una base con el fin de lograr propiedades de fatiga y características de rigidez mecánica, o expansibilidad de orificios (viabilidad). Por ejemplo, en el Documento de Patente 1, como técnica para la relajación de tensión lograda por los granos finos dispersos, se describe una lámina de acero en la cual se precipita Cu delgado o se dispersa una solución sólida en una lámina de acero de estructura compuesta (lámina de acero DP) formada a partir de una fase de ferrita y una fase de martensita. En la técnica que se muestra en el Documento de

40 Patente 1, se halló que el Cu sólido en solución, o el precipitado de Cu en el que el tamaño de los granos que consisten en Cu únicamente, es igual o menor que 2 nm, es muy eficaz para mejorar las propiedades de fatiga y a la vez no perjudica la viabilidad, y además, se ven limitadas las relaciones de composición de diversas composiciones.

Además, como técnica para la relajación de tensión lograda al reducir una diferencia de resistencia entre fases combinadas, por ejemplo, el Documento de Patente 2 describe una técnica en la que, mediante la reducción del contenido de C tanto como sea posible, se emplea una estructura de bainita para una fase principal y una estructura de ferrita sujeta a un fortalecimiento de solución sólida o fortalecimiento de precipitación se incluye en una relación de volumen adecuada para reducir la diferencia de rigidez entre la ferrita y la bainita y para evitar la generación de carburos gruesos.

45

JP 2007-146280 describe una lámina de acero de alta resistencia que se mejora en vista de la conformabilidad para características de fatiga y extensión de brida.

50

Documento de la técnica previa

Documento de patente

Documento de patente 1 Primera publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar n.º H11-199973

Documento de patente 2 Primera publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar n.º 2001-200331

Descripción de la invención

Problema ser resuelto por la invención

5 La lámina de acero en la cual se precipita Cu fino o se dispersa una solución sólida en la lámina de acero DP, tal como se describe en el Documento de Patente 1 que antecede, ciertamente presenta una resistencia a la fatiga, pero no puede confirmarse la mejora notable de la conformabilidad de extensión. Además, la lámina de acero de alta resistencia laminada en caliente, cuya estructura incluye una fase de bainita como una parte principal para suprimir la generación de carburos gruesos, tal como se describe en el Documento de Patente 2 que antecede, presenta sin dudas una conformabilidad de extensión excelente, pero las propiedades de fatiga de la misma no necesariamente se dice que son excelentes en comparación con las de la lámina de acero DP que contiene Cu. Además, al suprimir

10 meramente la generación de carburos gruesos, no es posible evitar la generación de grietas cuando se lleva a cabo un procesamiento intenso de expansión de orificios. Según el estudio de los presentes inventores, se halló que una causa de los problemas es la presencia de inclusiones extendidas a base de sulfuro que incluyen MnS como una parte principal de la lámina de acero.

15 Es decir, cuando se somete a una deformación repetitiva, se generan defectos internos alrededor de las inclusiones extendidas gruesas a base de MnS, que se encuentran presentes en la capa superficial o alrededor de la misma, y se propagan como grietas. Por consiguiente, dado que los defectos deterioran las propiedades de fatiga y fácilmente se convierten en un punto inicial de agrietamiento en la expansión de los orificios, los defectos son una causa de la reducción de la conformabilidad de extensión.

20 No obstante, Mn es un elemento que contribuye de forma eficaz al aumento de la resistencia de un material, junto con C y Si. Por consiguiente, en general, la concentración de Mn se establece en un valor elevado para garantizar la resistencia de una lámina de acero de alta resistencia. Además, en la elaboración de acero en general, también se incluyen aproximadamente 50 ppm de S. Por lo tanto, en general, MnS se encuentra presente en una pieza fundida. Además, cuando se aumenta al mismo tiempo Ti soluble, se combina parcialmente con MnS o TiS grueso, de forma que se precipita (Mn, Ti)S. Cuando la pieza fundida se lamina en caliente o se lamina en frío, dichas inclusiones a base de MnS se deforman fácilmente, de modo que se tornan las inclusiones extendidas a base de MnS y son una causa de la reducción de las propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión (viabilidad de expansión de orificios). No obstante, no pueden ofrecerse ejemplos para proponer una lámina de acero de alta resistencia, con excelentes propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión, desde el punto de vista de los controles de la precipitación y deformación de las inclusiones a base de MnS, y un método para producir acero fundido para la

25 lámina de acero de alta resistencia.

30 La invención se concibe en vista de los problemas descritos anteriormente y es un objeto de la invención proporcionar una lámina de acero de alta resistencia, con excelentes propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión, en las cuales MnS, TiS y (Mn, Ti)S, precipitados en una pieza fundida, se dispersan como inclusiones esféricas finas, que no se someten a deformación en el laminado y no se tornan fácilmente en un punto de partida para el agrietamiento de las láminas de acero, con la finalidad de mejorar la conformabilidad de extensión y las propiedades de fatiga, y un método para producir acero fundido para la lámina de acero de alta resistencia.

35

Medios para resolver el problema

40 Con la finalidad de resolver los problemas tal como se describió anteriormente, los inventores de la presente han llevado a cabo un estudio intensivo de un método para mejorar la conformabilidad de extensión mediante la precipitación de (Mn, Ti)S, TiS y MnS fino (en la invención, las 3 inclusiones, es decir, MnS, TiS y (Mn, Ti)S se denominan inclusiones a base de MnS por comodidad) en una pieza fundida y la dispersión de las inclusiones como inclusiones esféricas finas que no se someten a deformación durante el laminado y no se tornan fácilmente en un punto de partida para el agrietamiento de las láminas de acero, y de la clarificación de elementos adicionales que no deterioran las propiedades de fatiga.

45 Como resultado, se aclaró que, dado que MnS, TiS y (Mn, Ti)S se precipitan en óxidos finos y duros de Ce, óxidos de La, oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano generados por la desoxidación que se lleva a cabo al agregar Ce y La, y los MnS, TiS y (Mn, Ti)S precipitados no se deforman fácilmente incluso durante el laminado, el MnS grueso extendido se reduce marcadamente en la lámina de acero, y las inclusiones a base de MnS no se tornan fácilmente en un punto de partida para el agrietamiento o en una vía de propagación de grietas en la deformación repetitiva o expansión de orificios y, por lo tanto, esto lleva a la mejora de la resistencia a la fatiga y similares descritos anteriormente. Además, se aclaró que al llevar a cabo la desoxidación secuencial en 3 etapas, que incluye: primero, llevar a cabo la desoxidación con Si, después agregar la desoxidación con Al, luego agregar Ti y, finalmente, llevar a cabo la desoxidación mediante la adición de Ce y/o La, con la finalidad de obtener los óxidos finos e inclusiones a base de MnS, se vincula a la miniaturización de los óxidos generados en cada etapa y, por lo tanto, es eficaz.

50

55 También se observa un ejemplo en el cual las inclusiones a base de MnS y TiN se precipitan de forma compuesta sobre óxidos de Ce finos y duros, óxidos de La, oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano. No obstante, se confirma que TiN tiene muy poca influencia sobre las propiedades de fatiga y la conformabilidad de extensión, de forma que TiN no es un objeto de la inclusión a base de MnS.

Además, se descubrió que a través del aumento de Ti soluble en ácido en acero, mediante la adición de Ti, podían miniaturizarse granos de cristal mediante un efecto de fijación de carbonitruros de Ti o Ti en solución sólida. Por consiguiente, se halló que, dado que las inclusiones a base de MnS en el acero pueden formarse en una forma esférica fina mientras que no se extienden todo lo posible y los granos de cristal también pueden miniaturizarse, pueden lograrse tanto una conformabilidad de extensión excelente como propiedades de fatiga superiores.

El punto esencial de las láminas de acero de alta resistencia con propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión excelentes, según la invención, es el siguiente.

(1) Una lámina de acero de alta resistencia que comprende: 0,03 a 0,20 % de C, 0,08 a 1,5 % de Si, 0,5 a 3,0 % de Mn, 0,05 % o menos de P, 0,0005 % o más de S, 0,008 a 0,20 % de Ti soluble en ácido, 0,0005 a 0,01 % de N, más de 0,01 % de Al soluble en ácido, y 0,001 a 0,04 % de uno o ambos de Ce y La en términos de % en masa; y, opcionalmente, uno o ambos de 0,01 a 0,10 % de Nb y 0,01 a 0,05 % de V en términos de % en masa, opcionalmente al menos uno de 0,01 a 0,6 % de Cr, 0,01 a 0,4 % de Mo y 0,0003 a 0,003 % de B en términos de % en masa y/u opcionalmente uno o ambos de 0,0001 a 0,004 % de Ca y 0,001 a 0,01 % de Zr en términos de % en masa;

y el resto de Fe

e impurezas inevitables, donde la relación de (Ce+La)/Al soluble en ácido es igual o mayor que 0,1 y la relación de (Ce+La)/S se encuentra dentro del intervalo de 0,4 a 50 en una base de masa, y donde la densidad de la cantidad de inclusiones, con un diámetro equivalente circular de 2 μm o inferior, que se encuentran presentes en la lámina de acero es igual o mayor a 15/mm².

(2) Un método para producir acero fundido para la lámina de acero de alta resistencia según (1), donde el método incluye: llevar a cabo una operación de adición o ajuste, de forma que estén presentes de 0,03 a 0,20 % de C, de 0,08 a 1,5 % de Si, de 0,5 a 3,0 % de Mn y de 0,0005 a 0,01 % de N en el acero fundido, que se procesa para contener 0,05 % o menos de P y 0,0005 % o más de S; agregar Al, de forma que se encuentre presente más del 0,01 % de Al soluble en ácido; agregar Ti; y agregar uno o ambos de Ce y La, de modo que se encuentren presentes de 0,008 a 0,20 % de Ti soluble en ácido y de 0,001 a 0,04 % de uno o ambos de Ce y La en términos de % en masa en una etapa de refinamiento en la elaboración de acero, donde la relación de (Ce+La)/Al soluble en ácido es igual o mayor que 0,1 y la relación de (Ce+La)/S se encuentra dentro del intervalo de 0,4 a 50 en una base de masa y, opcionalmente, llevar a cabo una operación de adición antes de agregar uno o ambos de Ce y La, de forma que se encuentren presentes uno o ambos de 0,01 a 0,10 % de Nb y de 0,01 a 0,05 % de V en términos de % en masa en la etapa de refinamiento; opcionalmente, llevar a cabo una operación de adición antes de agregar uno o ambos de Ce y La, de forma que se encuentre presente al menos uno de 0,01 a 0,6 % de Cr, de 0,01 a 0,4 % de Mo y de 0,0003 to 0,003 % de B en términos de % en masa en la etapa de refinamiento y/u, opcionalmente, llevar a cabo una operación de adición antes de agregar uno o ambos de Ce y La, de forma que se encuentre presente uno o ambos de 0,0001 a 0,004 % de Ca y de 0,001 a 0,01 % de Zr en términos de % en masa en la etapa de refinamiento.

La lámina de acero de alta resistencia de la invención puede utilizarse como una lámina de acero laminada en caliente o laminada en frío, o puede utilizarse luego de someterse a un proceso superficial tal como enchapado o revestimiento.

Efecto de la invención

En una lámina de acero de alta resistencia según la invención, se estabiliza el ajuste de los componentes del acero fundido mediante la desoxidación por Al, se suprime la generación de inclusiones de óxido de aluminio grueso y se precipitan las inclusiones a base de MnS en la pieza fundida. De esta forma, pueden dispersarse en la lámina de acero las inclusiones esféricas finas, que no se someten a deformación durante el laminado y no se tornan fácilmente en un punto de partida para el agrietamiento. Además, es posible confeccionar granos de cristal en la estructura fina y mejorar la conformabilidad de extensión y propiedades de fatiga.

Además, en un método para producir acero fundido para la antemencionada lámina de acero de alta resistencia según la invención, se estabiliza el ajuste de los componentes del acero fundido mediante la desoxidación con Al, puede suprimirse la generación de inclusiones de óxido de aluminio grueso y se precipitan las inclusiones a base de MnS en la pieza fundida. De esta forma, pueden dispersarse en la lámina de acero las inclusiones esféricas finas, que no se someten a deformación durante el laminado y no se tornan fácilmente en un punto de partida para el agrietamiento. Además, es posible confeccionar granos de cristal en la estructura fina y obtener una lámina de acero de alta resistencia laminada en caliente con excelentes propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión.

Realización de la invención

En lo sucesivo, se describirá en detalle una lámina de acero de alta resistencia con excelente conformabilidad de extensión y propiedades de fatiga, como un modo más adecuado para llevar a cabo la invención. El % en masa de la composición se denotará simplemente mediante el signo %.

Primero se describirán los experimentos para lograr la invención.

Los inventores de la presente llevaron a cabo un proceso de desoxidación de acero fundido que contenía 0,06 % de C, 0,7 % de Si, 1,4 % de Mn, 0,01 % o menos de P, 0,005 % de S, 0,003% de N y el resto de Fe, mediante el uso de diversos elementos para producir un lingote de acero. El lingote de acero obtenido se laminó en caliente para producir láminas de acero de 3 mm laminadas en caliente. Las láminas de acero laminadas en caliente producidas se sometieron a una prueba de tensión, una prueba de expansión de orificios y una prueba de fatiga. Además se examinó la densidad de la cantidad de inclusiones en una lámina de acero, una forma y una composición promedio.

Primero se agregó Si. Luego, llevando a cabo la desoxidación de forma casi completa sin utilizar Al, se agregó Ti y se llevó a cabo una agitación durante aproximadamente 2 minutos. Luego de esto, se agregó uno o ambos de Ce y La para llevar a cabo la desoxidación, y se examinaron la conformabilidad de extensión y las propiedades de fatiga de la lámina de acero. Como resultado, se confirmó que pueden mejorarse las propiedades de fatiga y la conformabilidad de extensión de la lámina de acero sometida a la desoxidación secuencial en 3 etapas, mediante el uso de Si, Ti y uno o ambos de Ce y La. Esto se da debido a que, dado que las inclusiones a base de MnS, tales como MnS, TiS y (Mn, Ti)S, se precipitan en óxidos de Ce duros y finos, óxidos de La, oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano, que se generan mediante la desoxidación llevada a cabo mediante la adición de Ce y La, y la deformación de las inclusiones a base de MnS precipitado pueden suprimirse incluso en el laminado, pueden reducirse de forma marcada en la lámina de acero las inclusiones extendidas gruesas a base de MnS. Además, también se generan granos de TiN debido a la adición de Ti, y esto contribuye a la presentación de una función denominada de fijación, que suprime el crecimiento de granos de cristal en la estructura de la lámina de acero durante el calentamiento que se lleva a cabo antes del laminado. Por lo tanto, el tamaño de los granos de cristal de la estructura de la lámina de acero también es fino. Como resultado, en la deformación repetitiva o expansión de orificios, las inclusiones a base de MnS no se tornan fácilmente en un punto de partida para el agrietamiento o una vía de propagación de grietas, y puede evitarse lo más posible que se generen en la lámina de acero las inclusiones gruesas a base de MnS, que anteriormente provocaban el deterioro de las propiedades de fatiga. Además, se considera que esto es debido a que el tamaño fino de los granos de cristal de la estructura de la lámina de acero lleva a la mejora de la resistencia a la fatiga y similares, tal como se describió anteriormente.

La razón para la miniaturización de los óxidos de Ce, óxidos de La, oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano es que: los óxidos de Ti finos son generados mediante la reducción y descomposición de inclusiones a base de SiO₂, que se generan mediante la desoxidación de Si inicial con Ti, que se agrega luego, y luego se lleva a cabo adicionalmente la descomposición reductora con Ce y La para formar los óxidos de Ce finos, óxidos de La, oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano; y la energía de interfaz entre el acero fundido y los óxidos formados de Ce, óxidos de La, oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano es baja, y, por lo tanto, se suprime la acumulación de las inclusiones luego de la generación.

De esta forma, cuando se llevó a cabo la desoxidación de forma casi completa sin utilizar Al, se obtuvieron características de material notablemente excelentes. En vez de Al, la desoxidación se lleva a cabo con Ti, Ce y La, y hay una necesidad de aumentar las cantidades introducidas de Ti, Ce y La con la finalidad de lograr la desoxidación deseada. No obstante, cuando la desoxidación se lleva a cabo con Ti, Ce y La, un potencial de oxígeno es mayor que en la desoxidación con Al. Por lo tanto, tras ajustar los componentes del acero fundido, se aumenta una variación en una composición objetivo, por lo que se halla que puede ocurrir un problema en el sentido de que es difícil obtener componentes químicos deseados.

Por consiguiente, luego, al llevar a cabo la desoxidación con Al, los inventores de la presente cambiaron la composición de Ti, Ce y La, y llevaron a cabo la desoxidación para producir un lingote de acero. El lingote de acero obtenido se laminó en caliente para producir láminas de acero de 3 mm laminadas en caliente. Las láminas de acero laminadas en caliente producidas se sometieron a una prueba de expansión de orificios y a una prueba de fatiga. Además se examinó la densidad de la cantidad de inclusiones en una lámina de acero, una forma y una composición promedio.

A través del experimento, se obtuvo un resultado en el cual se reducía rápidamente un potencial de oxígeno en el acero fundido si se obtenía una relación predeterminada de (Ce+La)/Al soluble en ácido y una relación predeterminada de (Ce+La)/S en una base de masa en acero fundido desoxidado mediante la adición de Si, desoxidación con Al, adición de Ti, adición de uno o ambos de Ce y La. Es decir, el potencial de oxígeno se reducía en mayor medida mediante el efecto de la desoxidación compuesta con Al, Si, Ti, Ce y La, entre múltiples de desoxidaciones llevadas a cabo con diversos elementos de desoxidación. A su vez, con respecto a los óxidos a generar, la concentración de Al₂O₃ puede minimizarse mediante el efecto de la desoxidación compuesta, de modo que se halla que se obtiene una lámina de acero que tiene unas propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión excelentes, tal como en la lámina de acero producida de forma casi completa al llevar a cabo la desoxidación sin utilizar Al.

Se considera que la razón de esto es la siguiente.

Es decir, las inclusiones de SiO₂ se generan tras la adición de Si y luego las inclusiones de SiO₂ se reducen a Si mediante la adición de Al. El Al reduce las inclusiones de SiO₂ y desoxida el oxígeno disuelto en el acero fundido,

para generar inclusiones a base de Al_2O_3 . Se hace flotar una parte de las inclusiones a base de Al_2O_3 para poder quitarse, y las inclusiones a base de Al_2O_3 restantes permanecen en el acero fundido. Luego, se agrega Ti. No obstante, en este momento, el oxígeno en el acero fundido ya se desoxidó con Al y, por lo tanto, hay una pequeña cantidad de desoxidación debido al Ti. Además, con la adición posterior de Ce y La, las inclusiones a base de Al_2O_3 se reducen y se descomponen para formar óxidos finos de Ce, óxidos de La, oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano. De esta forma, mediante la desoxidación compuesta llevada a cabo mediante la adición de Al, Si, Ti, Ce y La, se considera que se generan óxidos duros y finos de Ce, óxidos de La, oxisulfuro de cerio, oxisulfuro de lantano y óxidos de Ti, que ocupan la mayor parte, aunque permanece una pequeña cantidad de Al_2O_3 .

Por consiguiente, en la desoxidación compuesta que se lleva a cabo al agregar Al, Si, Ti, Ce y La, al llevar a cabo de forma adecuada la desoxidación por Al en función del método de desoxidación descrito anteriormente, puede precipitarse MnS, TiS o (Mn, Ti)S en los óxidos duros y finos de Ce, óxidos de La, oxisulfuro de cerio, oxisulfuro de lantano y óxidos de Ti, como es el caso en el cual rara vez se lleva a cabo la desoxidación por Al, y puede suprimirse la deformación de las inclusiones a base de MnS precipitadas (MnS, TiS, (Mn, Ti)S), incluso en el laminado. Por lo tanto, se obtiene un efecto en el cual las inclusiones a base de MnS gruesas extendidas pueden reducirse de forma marcada en la lámina de acero y las propiedades de fatiga y similares pueden, por lo tanto, mejorarse, y se halló recientemente que puede reducirse una variación de la composición de componentes, dado que el potencial de oxígeno del acero fundido puede reducirse mediante la oxidación por Al.

En función del conocimiento obtenido a partir de los exámenes experimentales, los inventores de la presente examinaron las condiciones de los componentes químicos de una lámina de acero de la siguiente forma, y lograron la invención.

Posteriormente, se describirán los motivos de la limitación de los componentes químicos en la invención.

C: 0,03~0,20 %

C es el elemento más básico para controlar la capacidad de endurecimiento y la resistencia del acero, y aumenta la resistencia y la profundidad de una capa endurecida para contribuir de forma eficaz a la mejora de las propiedades de fatiga. Es decir, C es un elemento necesario para garantizar la resistencia de una lámina de acero, y es necesario al menos 0,03 % de C para obtener una lámina de acero de alta resistencia. No obstante, cuando se incluye C de forma excesiva y la concentración del mismo supera el 0,20 %, se deterioran la viabilidad y la capacidad de soldado. En la invención, la concentración de C es igual o menor que 0,20 % con la finalidad de garantizar la viabilidad y la capacidad de soldado.

Si: 0,08~1,5 %

Si es un elemento importante de desoxidación. Si aumenta la cantidad de sitios de nucleación de austenita en la inactivación, con la finalidad de suprimir el crecimiento de granos de austenita y funciona para miniaturizar el tamaño de grano de una capa endurecida. Dado que Si suprime la generación de carburos para suprimir la reducción de la resistencia de límite de grano provocada por los carburos, y es eficaz en la generación de una estructura de bainita, Si es un elemento importante para mejorar una resistencia sin dañar en gran medida la extensión y mejorar la expansibilidad de orificios en una relación baja de límite de elasticidad. Con la finalidad de reducir la concentración de oxígeno disuelto en acero fundido y generar inclusiones a base de SiO_2 (con la finalidad de generar inclusiones a base de óxido de aluminio mediante la reducción de inclusiones a base de SiO_2 con Al, que se agrega posteriormente, y para reducir las inclusiones a base de alúmina con Ce y La), es necesario agregar 0,08 % o más de Si. Por consiguiente, en la invención, el límite inferior de Si se establece en 0,08 %. Por otro lado, cuando la concentración de Si es demasiado alta, aumenta la concentración de SiO_2 en las inclusiones y, por lo tanto, se generan fácilmente inclusiones grandes. Por lo tanto, es difícil llevar a cabo la reducción mediante el uso de Al. Además, la rigidez y ductilidad se deterioran de forma marcada y se aumenta, de esta forma, la posibilidad de descarbonización superficial o rozamiento superficial, de forma que se deterioran las propiedades de fatiga. Además, cuando se agrega Si en exceso, se ven afectadas la capacidad de soldado y la ductilidad. Por consiguiente, en la invención, el límite superior de Si se establece en 1,5 %.

Mn: 0,5~3,0 %

Mn es un elemento útil para la desoxidación en una etapa de producción neta y es eficaz para el aumento de la resistencia de una lámina de acero junto con C y Si. Con la finalidad de obtener dichos efectos, es necesario que se encuentre presente 0,5 % o más de Mn. No obstante, cuando contiene más de 3,0 % de Mn, la ductilidad se reduce debido al aumento de la rigidez de la solución sólida o la segregación de Mn. Adicionalmente, dado que también se deteriora la capacidad de soldado y la rigidez del material, el límite superior de Mn se establece en 3,0 %.

P: 0,05 % o menos

P es eficaz desde el punto de vista de que P actúa como un elemento de fortalecimiento de solución sólida de sustitución que es menor que un átomo de Fe. No obstante, cuando la concentración de P supera el 0,05 %, se segrega en los límites de grano de austenita y se reduce la resistencia de límite de grano. Por lo tanto, puede convertirse en una causa de la reducción de la resistencia de fatiga torsional y del deterioro de la viabilidad. Por

consiguiente, el límite superior se establece en 0,05 %. Cuando no hay necesidad de fortalecimiento de la solución sólida, no es necesaria la adición de P, de modo que el límite inferior incluye 0 %.

S: 0,0005 % o más

5 S se segrega como impurezas inevitables. Dado que S forma inclusiones a base de MnS gruesas extendidas y, por lo tanto, deteriora la conformabilidad de extensión, es deseable que la concentración del mismo sea muy baja. En el pasado, era necesario disminuir extremadamente la concentración de S para garantizar la conformabilidad de extensión. No obstante, para disminuir la concentración de S a menos de 0,0005 %, con la finalidad de mejorar el material de una lámina de acero, es demasiado grande una carga de desulfurización en el refinamiento secundario y, por lo tanto, aumenta el costo de desulfurización y no puede obtenerse un material adecuado. Por consiguiente, al
10 asumir la desulfurización en el refinamiento secundario, el límite inferior de la concentración de S se establece en 0,0005 %.

15 En la presente invención, las inclusiones a base de MnS se precipitan sobre inclusiones tales como óxidos finos y duros de Ce, óxidos de La, oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano, y de esta forma se controla la forma de las inclusiones a base de MnS, de modo que la deformación no ocurre fácilmente, incluso durante el laminado, y se evita la extensión de las inclusiones. Por consiguiente, el límite superior de la concentración de S se define en función de la relación con la cantidad total de uno o ambos de Ce y La, tal como se describe más adelante.

20 Es decir, en la presente invención, tal como se describió anteriormente, la forma de MnS se controla mediante las inclusiones tales como óxidos de Ce, óxidos de La, oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano. Por lo tanto, incluso cuando la concentración de S es alta, es posible evitar que el material se vea afectado mediante la adición de uno o ambos de Ce y La en una cantidad correspondiente a la concentración. Es decir, incluso cuando la concentración de S es demasiado alta hasta cierto punto, al ajustar una cantidad adicional de Ce o La correspondiente a la concentración, se obtiene un efecto de desulfurización sustancial y se obtiene el mismo material como acero con muy bajo contenido de azufre. Dicho de otra forma, al ajustar adecuadamente la cantidad total de Ce y/o La y S,
25 puede aumentarse el grado de libertad con respecto al límite superior de la concentración de S. Por consiguiente, en la presente invención, no hay necesidad de llevar a cabo una desulfurización de acero fundido en el refinamiento secundario para obtener acero con muy bajo contenido de azufre, y puede omitirse la desulfurización del acero fundido. Por lo tanto, puede simplificarse el proceso de producción y, por consiguiente, puede reducirse el costo de procesamiento de desulfurización.

Ti soluble en ácido: 0,008~0,20 %

30 Ti es un elemento importante de desoxidación y forma carburos, nitruros y carbonitruros. Mediante un calentamiento suficiente antes del laminado en caliente, Ti aumenta la cantidad de sitios de nucleación de austenita, con la finalidad de suprimir el crecimiento de granos de austenita y, por lo tanto, contribuye a la miniaturización y al aumento de la resistencia, actúa de forma eficaz sobre la recristalización dinámica en el laminado en caliente y funciona para mejorar de forma marcada la conformabilidad de extensión. Se halló de forma experimental que es necesario agregar 0,008 % o más de Ti soluble en ácido para lograr esto. Por consiguiente, en la invención, el límite inferior de Ti soluble en ácido se establece en 0,008 %.

40 Además, es necesaria una temperatura suficiente del calentamiento previo al laminado en caliente para disolver en sólido los carburos, nitruros y carbonitruros generados en la fundición, y es necesario que la temperatura sea mayor que 1200 °C. No es preferible establecer una temperatura mayor que 1250 °C desde el punto de vista del costo y la generación de incrustaciones. Por consiguiente, la temperatura se establece preferiblemente en aproximadamente 1250 °C.

45 Por otro lado, cuando se encuentra presente más de 0,2 % de Ti soluble en ácido, se satura un efecto sobre la desoxidación, y se forman carbonitruros, nitruros y carburos saturados incluso cuando se lleva a cabo un calentamiento suficiente antes del laminado en caliente. Por lo tanto, el material se deteriora y no puede esperarse un efecto adecuado para el contenido. Por consiguiente, en la invención, el límite superior de la concentración de Ti soluble en ácido se establece en 0,2 %.

50 Además, la concentración de Ti soluble en ácido se obtiene mediante la medición de la concentración de Ti disuelto en un ácido y se utiliza un método de análisis con el hecho de que el Ti disuelto se disuelve en un ácido y los óxidos de Ti no se disuelven en el ácido. En la presente memoria, el ácido puede ejemplificarse mediante un ácido mixto en el cual, por ejemplo, se mezcla un ácido clorhídrico, un ácido nítrico y agua en una relación de 1:1:2 (relación de masa). Mediante el uso de este ácido, el Ti soluble en ácido puede separarse de los óxidos de Ti que no son solubles en el ácido, y puede medirse la concentración de Ti soluble en ácido.

N: 0,0005~0,01 %

55 N es un elemento que se mezcla de forma inevitable en el acero, debido a que el nitrógeno se encuentra en el aire y se alimenta durante el proceso de fundición del acero. N forma nitruros junto con Al y Ti, con la finalidad de motivar una mayor fineza de la estructura del material de base. No obstante, cuando se encuentra presente más de 0,01 % de N, se generan precipitados gruesos junto con Al y Ti, y se deteriora la conformabilidad de extensión. Por

consiguiente, en la invención, el límite superior de la concentración de N se establece en 0,01 %. Por otro lado, cuando la concentración de N es menor que 0,0005 %, el costo aumenta, de forma que el límite inferior de la concentración de N se establece en 0,0005 % desde el punto de vista de la viabilidad industrial.

Al soluble en ácido: Más de 0,01 %

5 En general, con respecto al Al soluble en ácido, los sólidos del mismo se agrupan y, de esta forma, fácilmente se tornan gruesos, y deterioran la conformabilidad de extensión y propiedades de fatiga. Por lo tanto, es deseable que la concentración del mismo se suprima en la mayor medida posible. No obstante, en la presente invención, mediante un efecto de desoxidación compuesto de Si, Ti, Ce y La, y mediante la precipitación de la concentración de Ce y La correspondiente a la concentración de Al soluble en ácido, aunque llevando a cabo la desoxidación por Al, tal como se describió anteriormente, se hace flotar una parte de las inclusiones a base de Al_2O_3 generadas mediante la desoxidación por Al, de forma que pueda ser extraída, y el resto de las inclusiones a base de Al_2O_3 en el acero fundido se reduce y descompone con Ce y La, que se agregan luego, y por lo tanto, se halla un área en la cual se forman las inclusiones finas y los óxidos a base de alúmina no se agrupan y, por lo tanto, no se tornan gruesos.

10 Por consiguiente, en la presente invención, no es necesario establecer un límite para que no se agregue Al de forma sustancial como en el pasado, y particularmente, puede aumentarse el grado de libertad en la concentración de Al soluble en ácido. Al establecer la concentración de Al soluble en ácido en más de 0,01 %, la desoxidación por Al puede llevarse a cabo junto con la desoxidación llevada a cabo mediante la adición de Ce y La, y no es necesario agregar una cantidad mayor de Ce y La que la necesaria, tal como era necesario anteriormente para la desoxidación. Puede resolverse un problema en el cual el potencial de oxígeno en el acero se aumente debido a la desoxidación mediante el uso de Ce y La, y también puede suprimirse una variación de la composición de cada elemento constituyente.

15 El límite superior de la concentración de Al soluble en ácido se define en función de la relación con la cantidad total de uno o ambos de Ce y La, tal como se describe más adelante.

20 Además, la concentración de Al soluble en ácido se obtiene mediante la medición de la concentración de Al disuelto en un ácido y se utiliza un método de análisis con el hecho de que el Al disuelto se disuelve en un ácido y Al_2O_3 no se disuelve en el ácido. En la presente, el ácido puede ejemplificarse mediante un ácido mixto en el cual, por ejemplo, se mezcla un ácido clorhídrico, un ácido nítrico y agua en una relación de 1:1:2 (relación de masa). Mediante el uso de este ácido, el Al soluble en ácido puede separarse de Al_2O_3 que no es soluble en el ácido, y puede medirse la concentración de Al soluble en ácido.

25 Uno o ambos de Ce y La: 0,001~0,04 %

Ce y La reducen el SiO_2 generado mediante la desoxidación por Si y el Al_2O_3 generado de forma secuencial mediante la desoxidación por Al, y son eficaces para la formación, como fase principal (50 % o más, como regla general), inclusiones con óxidos de Ce (por ejemplo, Ce_2O_3 , CeO_2), oxisulfuro de cerio (por ejemplo, Ce_2O_2S), óxidos de La (por ejemplo, La_2O_3 , LaO_2), oxisulfuro de lantano (por ejemplo, La_2O_2S), óxido de Ce-óxidos de La u oxisulfuro de cerio-oxisulfuro de lantano, que se convierten fácilmente en sitios de precipitación de inclusiones a base de MnS y son duros, finos y resistentes a la deformación durante el laminado.

30 En la presente, en las inclusiones, en ocasiones se encuentran parcialmente presentes MnO, SiO_2 , TiO_2 , Ti_2O_3 o Al_2O_3 según una condición de desoxidación. No obstante, cuando la fase principal son los óxidos que anteceden, funcionan de forma suficiente como sitios de precipitación de inclusiones a base de MnS y no perjudican los efectos de endurecimiento y miniaturización de las inclusiones.

35 Se halló de forma experimental que es necesario establecer la concentración de uno o ambos de Ce y La dentro del intervalo de 0,0005 % a 0,04 %.

40 Cuando la concentración de uno o ambos de Ce y La es menor que 0,0005 %, no pueden reducirse las inclusiones de SiO_2 y Al_2O_3 . Por otro lado, cuando la concentración de uno o ambos de Ce y La supera el 0,04 %, se generan grandes cantidades de oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano y se tornan inclusiones gruesas, de modo que se deterioran las propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión.

45 Además, se prestó atención al hecho de que, como condición de la presencia de inclusiones donde MnS se precipita sobre óxidos u oxisulfuro que incluye uno o ambos de Ce y La en la antemencionada lámina de acero de la invención, puede definirse la comprensión del nivel de modificación de MnS con óxidos u oxisulfuro que incluye uno o ambos de Ce y La mediante el uso de la concentración de S, y se concibió que esto se define y explica con una relación de masa de Ce+La con respecto a S, los cuales son los componentes químicos de la lámina de acero. Específicamente, cuando la relación de masa es pequeña, los óxidos u oxisulfuro que incluye uno o ambos de Ce y La existen únicamente en una cantidad pequeña y se precipita por separado una cantidad grande de MnS. Cuando la relación de masa es grande, los óxidos u oxisulfuro que incluye uno o ambos de Ce y La existen en mayores cantidades que MnS, de modo que las inclusiones aumentan cuando MnS se precipita sobre óxidos u oxisulfuro que incluye uno o ambos de Ce y La. Es decir, MnS se ve modificado con los óxidos u oxisulfuro que incluye uno o ambos de Ce y La. De esta forma, con la finalidad de mejorar las propiedades de fatiga y conformabilidad de

extensión, se precipita MnS sobre óxidos u oxisulfuro que incluye uno o ambos de Ce y La y esto lleva a la prevención de la extensión de MnS. Por consiguiente, la relación de masa antemencionada puede explicarse como un parámetro para identificar si se presentan estos efectos o no.

5 Por consiguiente, con la finalidad de clarificar la relación de componentes químicos eficaz para la supresión de la extensión de inclusiones a base de MnS, la relación de masa de (Ce+La)/S de la lámina de acero se cambió para evaluar la forma de las inclusiones, propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión. Como resultado, se halló que tanto las propiedades de fatiga como la conformabilidad de extensión mejoran de forma notable cuando la relación de masa de (Ce+La)/S se encuentra en el intervalo de 0,4 a 50.

10 Cuando la relación de masa de (Ce+La)/S es menor que 0,4, una relación de la cantidad de inclusiones donde MnS se precipita sobre óxidos u oxisulfuro que incluye uno o ambos de Ce y La es demasiado pequeña y, por lo tanto, una relación de la cantidad de inclusiones a base de MnS extendidas que fácilmente se tornan un punto de partida para el agrietamiento es demasiado grande. Por consiguiente, se reducen las propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión.

15 Por otro lado, cuando la relación de masa de (Ce+La)/S es mayor que 50, se satura un efecto de la mejora de propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión al precipitar MnS sobre oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano. Por consiguiente, la relación de masa de (Ce+La)/S de más de 50 no es adecuada desde el punto de vista del costo. A partir del resultado que antecede, la relación de masa de (Ce+La)/S se limita al intervalo de 0,4 a 50. Además, cuando la relación de masa de (Ce+La)/S es demasiado grande y supera, por ejemplo, 70, se generan grandes cantidades de oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano y se tornan inclusiones gruesas, de modo que se deterioran las propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión. A partir de esto, el límite superior de la relación de masa de (Ce+La)/S se establece en 50.

En adelante, con respecto a los elementos seleccionados, se describirán las razones de la limitación de los componentes químicos. Dado que estos elementos son elementos seleccionados, la adición de los elementos se determina de forma arbitraria. Pueden agregarse uno o más tipos.

25 Con respecto a Nb y V, estos forman carburos, nitruros y carbonitruros junto con C o N para provocar una fineza mayor de la estructura del material de base y contribuir a la mejora de la dureza.

Nb: 0,01~0,10 %

30 Es preferible que la concentración de Nb se establezca en 0,01 % o más, para obtener los nitruros compuestos y los carburos compuestos descritos anteriormente. No obstante, aunque se incluya Nb en una gran cantidad que supere el 0,10 %, el efecto del aumento de la fineza de la estructura del material de base se satura y aumentan los costos de producción. Por consiguiente, el límite superior de la concentración de Nb se establece en 0,10 %.

V: 0,01~0,05 %

35 Es preferible que la concentración de V se establezca en 0,01 % o más, para obtener los nitruros compuestos y los carburos compuestos descritos anteriormente. No obstante, aunque se incluya V en una gran cantidad que supere el 0,05 %, el efecto se satura y aumentan los costos de producción. Por consiguiente, el límite superior de la concentración de V se establece en 0,05 %.

Cr, Mo y B mejoran la capacidad de endurecimiento del acero.

Cr: 0,01~0,6 %

40 El Cr puede encontrarse presente según sea necesario para garantizar la resistencia del acero. Con la finalidad de obtener el efecto, es preferible agregar 0,01 % o más de Cr. No obstante, cuando se encuentra presente una gran cantidad de Cr, se deteriora el equilibrio entre resistencia y ductilidad. Por consiguiente, el límite superior se establece en 0,6 %.

Mo: 0,01~0,4 %

45 El Mo puede encontrarse presente según sea necesario para garantizar la resistencia del acero. Con la finalidad de obtener el efecto, es preferible agregar 0,01 % o más de Mo. No obstante, cuando se encuentra presente una gran cantidad de Mo, se deteriora el equilibrio entre resistencia y ductilidad. Por consiguiente, el límite superior se establece en 0,4 %.

B: 0,0003~0,003 %

50 B puede encontrarse presente según sea necesario para fortalecer los límites de grano y mejorar la viabilidad. Con la finalidad de obtener estos efectos, es preferible agregar 0,0003 % o más de B. No obstante, aun cuando se incluya una gran cantidad de B que supere 0,003 %, los efectos se saturan, se daña la higiene del acero y se deteriora la ductilidad. Por consiguiente, el límite superior se establece en 0,003 %.

Con respecto a Ca y Zr,

Ca y Zr fortalecen los límites de grano mediante el control de la forma de sulfuros, y pueden encontrarse presentes según sea necesario para mejorar la viabilidad.

Ca: 0,0001~0,004 %

5 El Ca controla la forma de desulfurización, tal como la esferoidización de sulfuros, para fortalecer los límites de grano y mejorar la viabilidad del acero. Con la finalidad de obtener estos efectos, es preferible que una cantidad adicional de Ca se establezca en 0,0001 % o más. No obstante, aun cuando se incluya una gran cantidad de Ca, los efectos se saturan, se daña la higiene del acero y se deteriora la ductilidad. Por consiguiente, el límite superior se establece en 0,004 %.

10 Zr: 0,001~0,01 %

Es preferible agregar 0,001 % o más de Zr para obtener un efecto de mejora de la rigidez del material de base mediante la esferoidización de los sulfuros descritos anteriormente. No obstante, cuando se encuentra presente una gran cantidad de Zr, se daña la higiene del acero y se deteriora la ductilidad. Por consiguiente, el límite superior se establece en 0,01 %.

15 A continuación se describirán las condiciones de la presencia de las inclusiones en la lámina de acero de la invención. La lámina de acero que se describirá en la presente es una lámina luego del laminado, obtenida mediante laminado en caliente o laminado en frío. Se definen desde diversos puntos de vista las condiciones de la presencia de las inclusiones en la lámina de acero de la presente invención.

20 Con la finalidad de obtener una lámina de acero con excelentes propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión, es importante reducir en la mayor medida posible las inclusiones a base de MnS gruesas extendidas, que fácilmente se tornan un punto de partida de agrietamiento o una vía de propagación de grietas en la lámina de acero.

25 Los inventores de la presente hallaron que incluso en el caso en que se agrega Si y se lleva a cabo la desoxidación con Al tal como se describió anteriormente, en una lámina de acero desoxidada mediante la posterior adición de Ti y uno o ambos de Ce y La, cuando se obtiene la relación antemencionada de (Ce+La)/Al soluble en ácido y la relación de (Ce+La)/S en una base de masa, se reduce rápidamente un potencial de oxígeno en acero fundido mediante la desoxidación compuesta y se reduce la concentración de Al_2O_3 como inclusiones generadas, y, por lo tanto, la lámina de acero tiene excelentes propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión, tal como en la lámina de acero producida casi completamente al llevar a cabo la desoxidación sin utilizar Al.

30 Además, también se halló que mediante la desoxidación llevada a cabo mediante la adición de Ce y La, se precipita MnS sobre óxidos duros y finos de Ce, óxidos de La, oxisulfuro de cerio y oxisulfuro de lantano que se generan para ocupar la mayor parte, aunque se incluye una cantidad pequeña de Al_2O_3 , y el MnS precipitado no se deforma fácilmente incluso durante el laminado, de modo que el MnS grueso extendido se reduce de forma notable en la placa de acero.

35 Se halló que cuando se obtiene la relación antemencionada de (Ce+La)/Al soluble en ácido y la relación de (Ce+La)/S en una base de masa, aumenta rápidamente la densidad de la cantidad de inclusiones finas con un diámetro equivalente circular de 2 μm o menos, y las inclusiones finas se dispersan en el acero.

40 Dado que las inclusiones finas son difíciles de acumular, la forma de las mismas es casi esférica o fusiforme. Cuando la forma se expresa mediante una relación de eje largo/eje corto (en adelante, puede describirse como "relación de extensión"), la relación es igual o menor que 3, y preferiblemente igual o menor que 2.

45 En un experimento, la identificación se lleva a cabo fácilmente mediante observación a través del uso de un microscopio electrónico de exploración (SEM, por sus siglas en inglés) o similar. Además, se prestó atención a la densidad de la cantidad de inclusiones con un diámetro equivalente circular de 2 μm o menor. El límite inferior del diámetro equivalente circular no se limita de forma particular, pero es preferible que las inclusiones con un tamaño de aproximadamente 0,5 μm o más se empleen como objeto a ser contado en una base numérica. En la presente, el diámetro equivalente circular se define como (eje largo x eje corto)^{0,5} a partir de los ejes largo y corto de las inclusiones, cuyos cortes transversales se observaron.

50 No están claros los detalles del mecanismo, pero se piensa que un efecto sinérgico de la reducción de un potencial de oxígeno del acero fundido provocado por la desoxidación por Al y la miniaturización de inclusiones a base de MnS lleva a la dispersión de las inclusiones finas de 2 μm o menos a una relación de 15 inclusiones/ mm^2 . Por consiguiente, se opera un mecanismo para la relajación de la concentración de esfuerzo que ocurre durante una formación de extensión y similares, y se infiere que la operación proporciona un efecto de mejora rápida de expansibilidad de orificios. Como resultado, en una expansión de orificios deformación repetitiva, las inclusiones a base de MnS no se tornan fácilmente en un punto de partida de agrietamiento o en una vía de propagación de grietas, y contribuyen a la relajación de la concentración de esfuerzo, dado que las inclusiones son finas. Además,

55

se considera que las inclusiones llevan a la mejora de las propiedades de fatiga y formabilidad de extensión.

A continuación se describirán las condiciones de producción.

5 En la presente invención, en el acero fundido que se descarburiza al someterse a inyección en un convertidor o se descarburiza adicionalmente mediante un dispositivo de desgasificación al vacío, se agregan y agitan aleaciones tales como C, Si y Mn, y se lleva a cabo la desoxidación y el ajuste de componentes.

Con respecto a S, tal como se describió anteriormente, la desulfurización puede no llevarse a cabo en la etapa de refinamiento, de forma que puede omitirse la etapa de desulfurización. No obstante, cuando es necesaria la desulfurización del acero en el refinamiento secundario para producir acero con cantidades muy bajas de azufre que incluyen 20 ppm o menos de S, la desulfurización puede llevarse a cabo para producir el ajuste de componentes.

10 Luego de agregar Si tal como se describió anteriormente, se agrega Al para llevar a cabo la desoxidación de Al luego de un intervalo de aproximadamente 3 minutos. Es preferible que se garantice un tiempo de flote de aproximadamente 3 minutos para hacer flotar y separar Al_2O_3 .

15 Luego de esto, se agrega Ti y se agita durante aproximadamente 2 a 3 minutos. Luego, se agregan uno o ambos de Ce y La para llevar a cabo el ajuste de componentes, de forma que la relación de $(Ce+La)/Al$ soluble en ácido sea igual o mayor que 0,1 y la relación de $(Ce+La)/S$ se encuentre en el intervalo de 0,4 a 50.

Además, en un caso en que se agrega un elemento seleccionado, la operación de adición ocurre antes de agregar uno o ambos de Ce y La. Luego, tras agitar de forma suficiente, se lleva a cabo el ajuste de componentes para el elemento seleccionado, según sea necesario. Luego, se agregan uno o ambos de Ce y La. El acero fundido resultante se funde de forma continua para producir una pieza fundida.

20 Con respecto a la fundición continua, la invención no solo puede aplicarse a la fundición continua de bloques con un espesor usual de aproximadamente 250 mm, sino también puede aplicarse de forma suficiente a la fundición continua de tochos o palanquillas, o de bloques delgados producidos por una máquina de fundición continua de bloques con el espesor de un molde de fundición más delgado de lo usual, por ejemplo, 150 mm o menos.

25 Se describirán las condiciones de laminado en caliente para producir una lámina de acero de alta resistencia laminada en caliente.

Es necesaria una temperatura de calentamiento para un bloque previo al laminado en caliente, para disolver en sólido los carbonitruros del acero. Para esto, es importante que la temperatura de calentamiento se establezca por encima de los 1200 °C.

30 Al disolver en sólido los carbonitruros, se obtiene en una etapa de enfriamiento luego del laminado una fase de ferrita que es preferible para la mejora de la ductilidad. Mientras tanto, si la temperatura de calentamiento del bloque antes del laminado en caliente supera los 1250 °C, la superficie del bloque se oxida de forma marcada. En particular, los defectos de superficie cuneiforme que se producen a partir de la oxidación selectiva de los límites de granos permanecen luego de la desincrustación. Dado que los defectos reducen la calidad de la superficie luego del laminado, el límite superior se establece preferiblemente en 1250 °C.

35 Luego del calentamiento en el intervalo de temperatura descrito anteriormente, se lleva a cabo un laminado en caliente tradicional. En esta etapa, es importante una temperatura de terminación de laminado para controlar la estructura de la lámina de acero. Si la temperatura de terminación de laminado es menor que un punto $Ar_3 + 30$ °C, los granos de cristal en una capa superficial se tornan gruesos fácilmente. Esto no es preferible para las propiedades de fatiga. Por otro lado, si la temperatura de terminación de laminado supera el punto $Ar_3 + 200$ °C, los granos de austenita luego del laminado se tornan más gruesos, de forma que la configuración y la fracción de la fase generada durante el enfriamiento son difíciles de controlar. Por consiguiente, el límite superior se establece preferiblemente en el punto $Ar_3 + 200$ °C.

45 Además, según la configuración de estructura deseada, se selecciona un caso en el cual una velocidad de enfriamiento promedio para la lámina de acero luego de la terminación de laminado se controla dentro del intervalo de 10 a 100 °C/segundo y se controla una temperatura de bobinado dentro del intervalo de 450 a 650 °C, o un caso en el cual, luego de la terminación de laminado, se lleva a cabo un enfriamiento por aire a una velocidad de aproximadamente 5 °C/segundo hasta 680 °C y luego se lleva a cabo un enfriamiento a una velocidad de enfriamiento de 30 °C/segundo o más, y se controla una temperatura de bobinado a 400 °C o menor. Al controlar la velocidad de enfriamiento luego del laminado y la temperatura de bobinado, puede obtenerse una lámina de acero con una o más estructuras seleccionadas de ferrita poligonal, ferrita bainítica y fase de bainita, y una parte de la misma, mediante la condición de laminado anterior, y puede obtenerse una lámina de acero DP con una estructura compuesta de grandes cantidades de fases de ferrita poligonal y fases de martensita, con una ductilidad excelente, mediante la segunda condición de laminado.

55 Cuando la velocidad de enfriamiento promedio es menor que 10 °C/segundo, se genera fácilmente perlita, que no es preferible para la conformabilidad de extensión, de modo que esto no es preferible. Al controlar la estructura, no

5 es necesario proporcionar el límite superior de la velocidad de enfriamiento, pero hay una preocupación de que una velocidad de enfriamiento muy alta lleva al enfriamiento no uniforme de la lámina de acero. Además, la fabricación de una instalación que permita dicho enfriamiento requiere una gran cantidad de dinero, de forma que se considera que la instalación antemencionada provoca el aumento de los precios. Desde este punto de vista, el límite superior de la velocidad de enfriamiento se establece preferiblemente a 100 °C/segundo.

Una lámina de acero de alta resistencia laminada en frío según la presente invención se produce mediante laminado en frío y recocido de una lámina de acero sometida a laminado en caliente, bobinado, decapado y laminado de endurecimiento. La lámina de acero se recoce en la etapa de recocido, tal como un recocido en lotes y un recocido continuo para obtener la lámina de acero final laminada en frío.

10 Desde luego, la lámina de acero de alta resistencia según la presente invención puede aplicarse como una lámina de acero para galvanización. Las características mecánicas de la lámina de acero de alta resistencia según la invención no cambian aunque se someta a galvanización.

Ejemplos

De aquí en adelante, se describirán Ejemplos y Ejemplos Comparativos de la invención.

15 Los bloques con los componentes químicos que se muestran en la Tabla 1 se laminaron en caliente en las condiciones que se muestran en la Tabla 2 para obtener láminas procesadas en caliente con un espesor de 3,2 mm.

Tabla 1

Tabla 2

20 En la Tabla 1, el número de acero (en adelante, denominado n.º de acero) 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13 corresponde a los bloques que se configuran con una estructura dentro del alcance de la lámina de acero de alta resistencia según la presente invención. Los números de acero 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 corresponden a bloques que se configuran con la relación (en base de masa) de (Ce+La)/Al soluble en ácido y la relación de (Ce+La)/S, por lo que se alejan del alcance de la lámina de acero de alta resistencia según la presente invención.

25 Además, en la Tabla 1, con la finalidad de comparar los números de acero 1 y 2, los números de acero 3 y 4, los números de acero 5 y 6, los números de acero 7 y 8, los números de acero 9 y 10, los números de acero 11 y 12 y los números de acero 13 y 14, respectivamente, ambos se configuran casi con la misma composición, y son distintos en Ce+La y similares.

30 En la Tabla 2, en la condición A, una temperatura de calentamiento se establece en 1250 °C, una temperatura de terminación de laminado se establece en 845 °C, una velocidad de enfriamiento luego de la terminación de laminado se establece en 75 °C/segundo, y una temperatura de bobinado se establece en 450 °C. En la condición B, una temperatura de calentamiento se establece en 1250 °C, una temperatura de terminación de laminado se establece en 860 °C, y un enfriamiento por aire se lleva a cabo a una velocidad de aproximadamente 5 °C/segundo hasta 680 °C luego de la terminación de laminado. Luego de esto, una velocidad de enfriamiento se establece en 30 °C/segundo o más, y una temperatura de bobinado se establece en 400 °C. En la condición C, una temperatura de calentamiento se establece en 1250 °C, una temperatura de terminación de laminado se establece en 825 °C, una velocidad de enfriamiento luego de la terminación de laminado se establece en 45 °C/segundo, y una temperatura de bobinado se establece en 450 °C.

40 La condición A se aplicó a los números de acero 1 y 2, la condición B se aplicó a los números de acero 3 y 4, y la condición C se aplicó a los números de acero 5 y 6, y adicionalmente, la condición A se aplicó a los números de acero 7 y 8, la condición B se aplicó a los números de acero 9 y 10, y la condición C se aplicó a los números de acero 11, 12, 13 y 14 para comparar las influencias de las composiciones químicas en la misma condición de producción.

Se examinó una resistencia, ductilidad, conformabilidad de extensión y relación de fatiga, como características básicas de las láminas de acero obtenidas de las formas descritas anteriormente.

45 En la observación mediante el uso de un microscopio óptico o la observación mediante el uso de un SEM, se emplearon inclusiones de aproximadamente 1 µm o más como objeto para examinar una densidad numérica de área de las inclusiones de 2 µm o menos, y una relación numérica, una densidad volumétrica y un diámetro equivalente circular de las inclusiones con una relación de extensión de 5 o más, como un estado de la presencia de las inclusiones extendidas en las láminas de acero.

50 Además, se emplearon inclusiones de aproximadamente 1 µm o más como objeto para examinar una relación numérica y una densidad volumétrica de las inclusiones donde las inclusiones a base de MnS se precipitan sobre óxidos que incluyen uno o ambos de Ce y La, u óxidos u oxisulfuro que incluye uno o ambos de Ce y La que contienen uno o ambos de Si y Ti, y un valor promedio del contenido de uno o ambos de Ce y La en las inclusiones con una relación de extensión de 3 o menos como un estado de la presencia de las inclusiones no extendidas en las

láminas de acero.

La razón por la cual se emplearon inclusiones de aproximadamente 1 µm o más como objeto es que se observan fácilmente, y las inclusiones con menos de aproximadamente 1 µm no tienen ninguna influencia sobre el deterioro de las propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión.

5 Se muestran en la Tabla 3 los resultados de cada combinación de acero y condición de laminado.

Tabla 3

10 La resistencia y ductilidad se obtuvieron mediante una prueba de tensión llevada a cabo sobre una muestra JIS n.º 5 tomada en paralelo a una dirección del laminado. La conformabilidad de extensión se evaluó mediante la presión y expansión de un orificio perforado con un diámetro de 10 mm formado en el centro de una lámina de acero de 150 mm x 150 mm mediante el uso de una perforadora cónica de 60º, medición de un diámetro D (mm) de orificio al momento en que ocurre un agrietamiento que pasa a través de una densidad de la lámina, y obtención de un valor λ de expansión de orificio igual a (D-10)/10. La relación de fatiga que se utiliza como indicador de las propiedades de fatiga se evaluó mediante un valor (σW/σB) que se obtiene al dividir una resistencia de tiempo de 2x10⁶ (σW), obtenida mediante un método basado en JIS Z 2275, entre una resistencia (σB) de la lámina de acero.

15 La muestra es una muestra n.º 1 definida mediante el mismo estándar. La muestra utilizada tiene una parte paralela de 25 mm, un radio de curvatura R de 100 mm y un espesor, luego de forjar de forma igual ambos lados de la lámina original (laminada en caliente), de 3,0 mm.

20 Las inclusiones se observaron mediante el uso de un SEM, y se midieron los ejes cortos y largos de 50 inclusiones, seleccionadas de forma aleatoria y con un diámetro equivalente circular de 1 µm o más. Luego, las 50 inclusiones, seleccionadas de forma aleatoria y con un diámetro equivalente circular de 1 µm o más, se sometieron al análisis de composición mediante el uso de una función de análisis cuantitativo del SEM. Mediante el uso de los resultados, se obtuvo una relación numérica de la inclusión con una relación de extensión de 5 o más, un diámetro equivalente circular de las inclusiones un una relación de extensión de 5 o más, una relación numérica de las inclusiones donde las inclusiones a base de MnS se precipitaron sobre óxidos que incluían uno o ambos de Ce y La, u óxidos u oxisulfuro que incluía uno o ambos de Ce y La que contenía uno o ambos de Si y Ti, y un valor promedio de uno o ambos de Ce y La en las inclusiones con una relación de extensión de 3 o menos. Se calculó una densidad volumétrica de cada una de las formas de las inclusiones mediante la evaluación de SEM de una superficie electrolizada mediante el uso de un método de velocidad.

30 Como se desprende de la Tabla 3, en los números de acero 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13 a los cuales se aplicó el método de la invención, fue posible reducir las inclusiones a base de MnS extendidas en la lámina de acero mediante la precipitación de las inclusiones a base de MnS sobre óxidos que incluyen uno o ambos de Ce y La, u óxidos u oxisulfuro que incluyen uno o ambos de Ce y La que contienen uno o ambos de Si y Ti. Es decir, al controlar una densidad numérica de las inclusiones con un diámetro equivalente circular de 2 µm o menos presentes en la lámina de acero, en 15/mm² o más, controlar una densidad numérica de las inclusiones donde se precipitan inclusiones a base de MnS sobre óxidos que incluyen uno o ambos de Ce y La, u óxidos u oxisulfuro que incluye uno o ambos de Ce y La que contienen uno o ambos de Si y Ti en 10 % o más, controlar una densidad volumétrica de las inclusiones a 1,0 x 10³/mm³, y controlar un contenido promedio de uno o ambos de Ce y La en las inclusiones, con una relación de extensión de 3 o menos, que se encuentran presentes en la lámina de acero de 0,5 a 50 %, fue posible controlar la relación de la cantidad de inclusiones con un diámetro equivalente circular de 1 µm o más, y una relación de extensión de 5 o más, a 20 % o menos, controlar la densidad volumétrica de las inclusiones a 1,0 x 10⁴/mm³ o menos, y u controlar el diámetro equivalente circular promedio de las inclusiones a 10 µm o menos. En la estructura de cualquiera de las láminas de acero, el tamaño promedio de los granos de cristal se encontraba en el intervalo de 1 a 8 µm. Se observó casi el mismo diámetro promedio de grados de cristal en los Ejemplos según la presente invención y en los Ejemplos Comparativos.

45 Como resultado, en el caso de los números de acero 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13 como las láminas de acero de la presente invención, fue posible obtener las láminas de acero con una cantidad mayor de propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión excelente que en las láminas de acero comparativas. No obstante, en el caso de las láminas de acero comparativas (números de acero 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14), aunque un tamaño promedio de granos de cristal fue de 10 µm o menos en cualquier lámina de acero, el estado de distribución de las inclusiones a base de MnS extendidas y las inclusiones donde las inclusiones a base de MnS se precipitaron sobre óxidos que incluyen uno o ambos de Ce y La, u óxidos u oxisulfuro que incluye uno o ambos de Ce y La que contienen uno o ambos de Si y Ti, fue distinto del estado de distribución definido en la presente invención. Por consiguiente, las inclusiones a base de MnS extendidas en el procesamiento de la lámina de acero se convirtieron en un punto de partida para el agrietamiento y, por lo tanto, se redujeron las propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión.

55 Aplicabilidad industrial

En una lámina de acero de alta resistencia según la presente invención, se estabiliza el ajuste de los componentes del acero fundido mediante la desoxidación de Al, se suprime la generación de inclusiones de óxido de aluminio

grueso y se precipitan las inclusiones a base de MnS en una pieza fundida. De esta forma, las inclusiones esféricas finas, que no se someten a deformación durante el laminado y no se tornan fácilmente en un punto de partida para el agrietamiento, pueden dispersarse en la lámina de acero. Además, es posible confeccionar granos de cristal en la estructura fina y mejorar la conformabilidad de extensión y propiedades de fatiga.

- 5 Además, en un método para producir acero fundido para la antemencionada lámina de acero de alta resistencia según la presente invención, se estabiliza el ajuste de los componentes del acero fundido mediante la desoxidación de Al, puede suprimirse la generación de inclusiones de óxido de aluminio grueso y se precipitan las inclusiones a base de MnS en la pieza fundida. De esta forma, pueden dispersarse en la lámina de acero las inclusiones esféricas finas, que no se someten a deformación durante el laminado y no se tornan fácilmente en un punto de partida para el agrietamiento. Además, es posible confeccionar granos de cristal en la estructura fina y obtener una lámina de acero de alta resistencia laminada en caliente con excelentes propiedades de fatiga y conformabilidad de extensión.
- 10

Tabla 1

El subrayado indica que el valor subrayado no está en la condición definida en la invención

	N.º de acero	C	Si	Mn	P	S	N	Al soluble en ácido	Ti soluble en ácido	Cr	Nb	V	Mo	Zr	B	Ca	Ce	La	(Ce+La)/Al soluble en ácido	(Ce+La)/S	
Ejemplo 1	1	0,06	0,68	1,38	0,04	0,004	0,002	0,028	0,026								0,0028		0,1	0,7	
Ejemplo comparativo 1	2	0,06	0,69	1,38	0,01	0,004	0,0021	0,028	0,026												
Ejemplo 2	3	0,06	0,68	1,38	0,01	0,001	0,002	0,028	0,025								0,003	0,02	1,8	50	
Ejemplo comparativo 2	4	0,06	0,69	1,38	0,01	0,001	0,0021	0,028	0,025								0,0025		0,09	2,5	
Ejemplo 3	5	0,06	0,2	1,5	0,015	0,01	0,0022	0,033	0,02									0,004	0,12	0,4	
Ejemplo comparativo 3	6	0,06	0,2	1,5	0,015	0,01	0,0023	0,032	0,02									0,003	0,09	<u>0,3</u>	
Ejemplo 4	7	0,06	0,68	1,38	0,01	0,004	0,002	0,028	0,026		0,02						0,0028		0,1	0,7	
Ejemplo comparativo 4	8	0,06	0,69	1,38	0,01	0,004	0,0021	0,028	0,026		0,02										
Ejemplo 5	9	0,06	0,68	1,38	0,01	0,001	0,002	0,028	0,025	0,03							0,03	0,02	1,8	50	
Ejemplo comparativo 5	10	0,06	0,69	1,38	0,01	0,001	0,0021	0,028	0,025	0,03							0,0025		0,09	2,5	
Ejemplo 6	11	0,06	0,2	1,5	0,015	0,01	0,0022	0,033	0,02							0,001		0,004	0,12	0,4	
Ejemplo comparativo 6	12	0,06	0,2	1,5	0,015	0,01	0,0023	0,032	0,02							0,001		0,003	0,09	0,3	
Ejemplo 7	13	0,1	0,25	2	0,01	0,003	0,002	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,15	0,005	0,002	0,0015	0,045	0,03	2,5	25	
Ejemplo comparativo 7	14	0,1	0,25	2	0,01	0,003	0,0021	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,15	0,005	0,002	0,0015	0,0007	0,0004	0,04	<u>0,37</u>	

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero de alta resistencia que comprende:

5 0,03 a 0,20 % de C, 0,08 a 1,5 % de Si, 0,5 a 3,0 % de Mn, 0,05 % o menos de P, 0,0005 % o más de S, 0,008 a 0,20 % de Ti soluble en ácido, 0,0005 a 0,01 % de N, más de 0,01 % de Al soluble en ácido, y 0,001 a 0,04 % de uno o ambos de Ce y La en términos de % en masa; y, opcionalmente, uno o ambos de 0,01 a 0,10 % de Nb y 0,01 a 0,05 % de V en términos de % en masa, opcionalmente al menos uno de 0,01 a 0,6 % de Cr, 0,01 a 0,4 % de Mo y 0,0003 a 0,003 % de B en términos de % en masa y/u opcionalmente uno o ambos de 0,0001 a 0,004 % de Ca y 0,001 a 0,01 % de Zr en términos de % en masa; y

un resto de Fe e impurezas inevitables,

10 en donde una relación de (Ce+La)/Al soluble en ácido es igual o mayor que 0,1 y una relación de (Ce+La)/S se encuentra dentro de un intervalo de 0,4 a 50 en una base de masa, y

en donde una densidad de una cantidad de inclusiones con un diámetro equivalente circular de 2 μm o menos, que se encuentran presentes en la lámina de acero, es igual o mayor que 15/ mm^2 .

15 2. Un método para producir acero fundido para la lámina de acero de alta resistencia según la reivindicación 1, en donde el método comprende:

llevar a cabo una operación de ajuste o adición, de forma que se encuentren presentes 0,03 a 0,20 % de C, 0,08 a 1,5 % de Si, 0,5 a 3,0 % de Mn y 0,0005 a 0,01 % de N en el acero fundido que se procesa para contener 0,05 % o menos de P y 0,0005 % o más de S;

agregar Al, de forma que se encuentre presente más de 0,01 % de Al soluble en ácido,

20 agregar Ti, y

agregar uno o ambos de Ce y La de forma que se encuentren presentes 0,008 a 0,20 % de Ti soluble en ácido y 0,001 a 0,04 % de uno o ambos de Ce y La en términos de % en masa en una etapa de refinamiento de la producción de acero,

25 en donde una relación de (Ce+La)/Al soluble en ácido es igual o mayor que 0,1 y una relación de (Ce+La)/S se encuentra dentro del intervalo de 0,4 a 50 en una base de masa y, opcionalmente, llevar a cabo una operación de adición antes de agregar uno o ambos de Ce y La, de forma que se encuentre presente uno o ambos de 0,01 a 0,10 % de Nb y 0,01 a 0,05 % de V en términos de % en masa en la etapa de refinamiento, opcionalmente llevar a cabo una operación de adición antes de agregar uno o ambos de Ce y La, de forma que se encuentre presente uno de

30 0,01 a 0,6 % de Cr, 0,01 a 0,4 % de Mo y 0,0003 a 0,003 % de B en términos de % en masa en la etapa de refinamiento y/u opcionalmente llevar a cabo una operación de adición antes de agregar uno o ambos de Ce y La, de forma que se encuentren presentes uno o ambos de 0,0001 a 0,004 % de Ca y 0,001 a 0,01 % de Zr en términos de % de masa en la etapa de refinamiento.