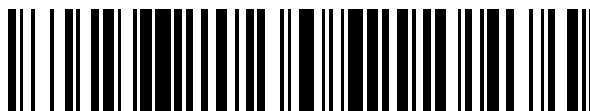


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 678 876**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01) C22C 38/28	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01) C22C 38/30	(2006.01)
C22C 38/32	(2006.01) C22C 38/42	(2006.01)
C22C 38/54	(2006.01) C22C 38/48	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01) C21D 1/84	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01) C21D 8/02	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01) C22C 38/22	(2006.01)
C22C 38/20	(2006.01) C22C 38/44	(2006.01)
C22C 38/24	(2006.01)	
C22C 38/26	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.03.2014** **PCT/JP2014/055753**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014** **WO14136866**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2014** **E 14761253 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018** **EP 2966187**

54 Título: **Chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente resistencia al calor**

30 Prioridad:

06.03.2013 JP 2013043975

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

20.08.2018

73 Titular/es:

NIPPON STEEL & SUMIKIN STAINLESS STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Otemachi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-0004, JP

72 Inventor/es:

KANNO NORIHIRO;
HAMADA JUNICHI y
INOUE YOSHIHARU

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 678 876 T3

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

DESCRIPCIÓN

Chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente resistencia al calor

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a una chapa de acero inoxidable ferrítico que al tener una excelente resistencia al calor es óptima como elemento de un sistema de escape y similares en el que se requiere resistencia al calor, particularmente, buenas propiedades de fatiga

10 térmica.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

Los elementos del sistema de escape, tales como un tubo de escape de un automóvil y similares, son atravesados por un gas de escape a alta temperatura descargado de un motor, y por lo tanto se requiere que el material que constituye los elementos del sistema de escape

15 tenga varias propiedades tales como alta resistencia a la temperatura, resistencia a la oxidación, buenas propiedades de fatiga térmica y similares. El acero inoxidable ferrítico que tiene excelente resistencia al calor se ha utilizado para los elementos de escape.

20 La temperatura del gas de escape varía dependiendo del modelo de vehículo. En los últimos años, la temperatura del gas de escape se ha situado aproximadamente en un intervalo de 800° C a 900° C en la mayoría de los vehículos, y la temperatura de un tubo de escape por el cual pasa el gas de escape a alta temperatura procedente del motor aumenta para situarse en un intervalo de 750° C a 850° C, que es alto. Sin embargo, la nueva aplicación de

25 restricciones sobre los gases de escape y una mejora de la eficiencia del combustible han progresado en el reciente aumento de los problemas ambientales, y se considera que la temperatura de los gases de escape puede aumentar hasta ser tan alta como aproximadamente 1000° C.

30 Los aceros inoxidables como los que se han utilizado recientemente, SUS429 (acero con Nb-Si) y SUS444 (acero con Nb-Mo) son ejemplos característicos y la resistencia a la alta temperatura se mejora debido a la adición de Si y Mo sobre la base de la adición de Nb. Como el SUS444 contiene aproximadamente un 2% de Mo, SUS444 tiene una resistencia más alta. Sin embargo, el SUS444 no puede utilizarse a altas temperaturas en la cuales la

35 temperatura del gas de escape sea superior a 900° C y por lo tanto existe una demanda de acero inoxidable ferrítico que tenga una resistencia térmica igual o superior a la del SUS444.

Se han desarrollado diversos materiales para los elementos del sistema de escape para hacer frente a la demanda. Por ejemplo, en el documento de patente 1, con el fin de mejorar las propiedades de la fatiga térmica, se estudia un método que controla el número de fases

40 de Cu que tienen ejes mayores de 0,5 μm o mayores en un intervalo de 10 piezas / 25 μm^2 o menos, y que controla el número de fases compuestas de Nb que tiene ejes mayores de 0,5 μm o mayores para estar en un intervalo de 10 piezas / 25 μm^2 o menos. Sin embargo, solo se consideran los precipitados gruesos de una fase Laves y una fase ϵ -Cu, y no se describen precipitados que tienen tamaños de 0,5 μm o menos. Los documentos de patente 2 y 3

45 describen un método para obtener el refuerzo de la solución sólida de Cu y el refuerzo de la precipitación debido a una fase ϵ -Cu además del fortalecimiento de la solución sólida de Nb y Mo definiendo la cantidad de precipitados; y por lo tanto se logra una resistencia a la alta temperatura igual o mayor que la del SUS444. Sin embargo, no se describen las propiedades de la fatiga térmica. Los documentos de patente 5 y 6 describen las tecnologías en la que se

50 añade W junto con Nb, Mo y Cu. El documento de patente 5 describe un método para utilizar el refuerzo de Cu, Nb, Mo y W en solución sólida, pero el documento de patente 5 no describe una vida útil de fatiga térmica. El documento de patente 6 describe un método en el cual los compuestos de Fe y P se utilizan como sitios de precipitación para permitir que una fase de Laves y un ϵ -Cu precipiten en forma minuciosa en un grano; y de este modo, se

55 mejora la estabilidad de la resistencia al refuerzo de la precipitación y la vida útil de fatiga térmica a 950° C. Sin embargo, con respecto a la duración de la fatiga térmica, se determinaron 2000 o más ciclos como "pasados" y no se realizó un examen de duración de la fatiga térmica durante un período más largo.

60 Más recientemente, el documento de patente 7 divulga una tecnología en la que se ha utilizado un carbonitrúro de Nb además de una fase de Laves para mantener el refuerzo de la solución sólida de Nb y Mo y se ha obtenido una excelente vida útil de fatiga térmica (1500 ciclos o más) a 950° C mediante un efecto de dispersión minuciosa de una fase de Laves y una fase de ϵ -Cu debida a B.

65

DOCUMENTOS DE LA TÉCNICA ANTERIOR

Documentos de patente

Documento de patente 1: solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación nº 2008-189974

Documento de patente 2: solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación nº 2009-120893 Documento de patente 3: solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación nº 2009-120894 Documento de patente 4: solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación nº 2009-197306

Documento de patente 5: solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación nº 2009-197307 Documento de patente 6: solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación nº 2012-207252

Documento de patente 7: solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación nº 2011-190468

El documento EP2012245A1 describe un acero inoxidable ferrítico, utilizado como componente de conducto de gas de escape tal como el tubo de escape del motor de un vehículo.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Problemas a resolver por la Invención

La presente invención pretende proporcionar un acero inoxidable ferrítico que tiene propiedades de fatiga térmica más excelentes que aquellos de la técnica relacionada particularmente en un entorno en el que la temperatura más alta de un gas de escape es de aproximadamente 1000° C y la temperatura de las piezas del tubo de escape de un automóvil es de aproximadamente 950° C. El objetivo es permitir que las propiedades de fatiga térmica se exhiban a un nivel suficientemente alto y que se estabilicen aún más cuando el acero inoxidable ferrítico se usa en un intervalo de temperatura de aproximadamente 950° C durante un largo período de tiempo.

Medios para resolver el problema

Los inventores de prevención han realizado una investigación exhaustiva para resolver los problemas. Como resultado obtuvieron los siguientes hallazgos. En acero con Cu-Nb-Mo agregado, en el caso en que el contenido de Cu se establece en más de un 2,00% y el tamaño de ϵ -Cu en un grano de un producto se controla de tal manera que el tamaño máximo de partícula es de 20 nm a 200 nm, las propiedades de la fatiga térmica a la temperatura más alta de 950° C se mejoran para ser mejores que las del SUS444 y la vida útil de fatiga térmica llega a ser de 2500 ciclos o más que es más larga que la encontrada en la técnica relacionada. En la técnica relacionada, se considera que cuanto menos ϵ -Cu precipita en un producto, más preferibles son los resultados. Sin embargo, en el caso en el que el contenido de Cu es más de un 2,00%, cuando el acero está en el estado de precipitación descrito anteriormente, las propiedades de fatiga térmica rara vez son diferentes de las propiedades de fatiga térmica en un estado en el que el ϵ -Cu apenas se precipita en una etapa del producto y el ϵ -Cu se precipita durante una prueba de fatiga térmica y se puede asegurar una buena manejabilidad.

La figura 1 muestra un resultado que muestra la relación entre el contenido de Cu y la vida útil de fatiga térmica a 950° C con respecto al acero que contiene 16,8% a 17,5% de Cr, 0,005% a 0,010% de C, 1,50% a 3,83% de Cu, 0,50% a 0,55% de Nb, 1,75% a 1,80% de Mo, 0,15% a 0,30% de Si, 0,15% a 0,25% de Mn y 0,008% a 0,012% de N. Se puede ver que en el caso en el que el contenido de Cu es más del 2,00%, la vida útil de fatiga térmica llega a ser de 2500 ciclos o más. Además, la figura 2 muestra un resultado que muestra la relación entre el tamaño de partícula máximo de ϵ -Cu en un grano y la vida útil de fatiga térmica a 950° C que se obtiene utilizando la misma muestra que en la figura 1. En este documento, el tamaño de partícula máxima de ϵ -Cu en un grano se calcula como un diámetro de círculo equivalente. Las otras condiciones de medición se describen en los Ejemplos.

Se puede ver que en el caso en el que el tamaño máximo de partícula de ϵ -Cu que precipita es de 200 μ m o menos, la vida útil de fatiga térmica a 950° C se encuentra constantemente en un intervalo de 2500 ciclos o más y se obtiene una estabilidad de vida útil. En el caso en el que el contenido de Cu es más del 2,00%, si el tamaño de ϵ -Cu que precipita es 200 nm o menos, se encuentra poca diferencia en la vida útil de fatiga térmica a 950° C. Aunque no está claro, se supone que la razón es la siguiente. Durante una prueba de fatiga térmica repetida entre una alta temperatura y una baja temperatura, cuando ϵ -Cu precipita a alta

temperatura, el ϵ -Cu coherente que tiene un cierto grado de un tamaño de minuto ya está disperso y así la precipitación y el crecimiento de ϵ -Cu grueso que de nuevo precipita son suprimidos.

- 5 Las características de un aspecto de la invención para resolver el problema descrito anteriormente son las siguientes.

(1) Una chapa de acero inoxidable que tiene excelente resistencia al calor, que consta en términos de % en masa de: C: 0,02% o menos; N: 0,02% o menos; Si: más de 0,10% a 0,30% o menos; Mn: 0,010% a 0,80%; Cr: 15,0% a 21,0%; Cu: 2,50% a 3,15%; Nb: 0,30% a 0,80%; Mo: 1,00% a 2,50%; y B: 0,0003% a 0,0030% y opcionalmente uno o más seleccionados de: W: 2,0% o menos, Mg: 0,0050% o menos, Ni: 1,0% o menos, Co: 1,0% o menos y Ta: 0,50% o menos y/u opcionalmente uno o más seleccionados de entre Al: 1,0% o menos, V: 0,50% o menos, Sn: 0,5% o menos, Sb: 0,5% o menos, Ga: 0,1% o menos, Zr: 0,30% o menos y MTR (metal de tierras raras): 0,2% o menos con un resto de Fe e impurezas inevitables, en las que el tamaño de partícula máximo de ϵ -Cu que está presente en una estructura es de 20 nm a 200 nm, en el que el tamaño máximo de partícula se calcula como un diámetro de círculo equivalente.

(2) La chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente resistencia al calor de acuerdo con (1), que comprende en términos de % en masa: uno o más seleccionados de entre W: 2,0% o menos, Mg: 0,0050% o menos, Ni: 1,0% o menos, Co: 1,0% o menos y Ta: 0,50% o menos.

(3) La chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene excelente resistencia al calor de acuerdo con (1) o (2), que comprende en términos de % en masa: uno o más seleccionados de entre Al: 1,0% o menos, V: 0,50% o menos, Sn: 0,5% o menos, Sb: 0,5% o menos, Ga: 0,1% o menos, Zr: 0,30% o menos y MTR (metales de tierras raras): 0,2% o menos.

(4) Un método para fabricar la chapa de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con una cualquiera de (1) a (3), comprendiendo el método un proceso de recocido de una chapa laminada en frío, en la que la temperatura de recocido final de la chapa laminada en frío es de 1000° C a 1100° C, con una tasa de enfriamiento promedio en el rango de temperatura desde el final de recocido final hasta 700° C de 20° C /segundo a 100° C /segundo y una tasa de enfriamiento promedio desde 700° C a 500° C de 3° C /segundo a 20° C /segundo.

En este documento, con respecto a un elemento en el que no está definido el límite inferior de un intervalo de cantidad del mismo, el elemento está destinado a ser incluido en el nivel de impurezas inevitables.

Efectos de la Invención

De acuerdo con el aspecto de la invención, se obtienen propiedades de fatiga térmica mayores que las de SUS444. Es decir, es posible proporcionar acero inoxidable ferrítico en el que las propiedades de fatiga térmica a 950° C son mayores que las del SUS444. Particularmente, cuando el acero inoxidable ferrítico de acuerdo con el aspecto de la invención se aplica a un elemento del sistema de escape de un automóvil o similar, es posible hacer frente a una situación de alta temperatura en la cual la temperatura del gas de escape está en o en torno a los 1000° C y en el que la temperatura de una parte del sistema de escape está en o en torno a los 950° C.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un gráfico que muestra la relación entre un contenido de Cu y la vida útil de fatiga térmica a 950° C.

La figura 2 es un gráfico que muestra la relación entre un tamaño de precipitación (tamaño máximo de partícula) de ϵ -Cu y la vida útil de fatiga térmica a la temperatura más alta de 950° C.

REALIZACIONES PARA LLEVAR A CABO LA INVENCION

A continuación, la invención se describirá en detalle. Primero se describirá el motivo de la limitación de la inversión. El término “%” representa el % en masa a menos que se indique otra cosa.

El C deteriora la capacidad de moldeo y la resistencia a la corrosión y el C promueve la precipitación de un carbonitrúro de Nb; y por lo tanto, se produce una disminución de la resistencia a la alta temperatura. Cuanto menor es el contenido de C, más preferibles son los resultados. En consecuencia el contenido en C se establece en un 0,02% o menos. Sin

embargo, una reducción excesiva conduce a un incremento de los costes de refinación y por lo tanto el contenido de C es preferiblemente del 0,003% al 0,015%.

Como en el caso del C, el N deteriora la capacidad de moldeo y la resistencia a la corrosión y el N promueve la precipitación de carbonitruro de Nb; y por lo tanto se produce una disminución de la resistencia a alta temperatura. El contenido de N es preferiblemente tan bajo como sea posible. En consecuencia, el contenido de N se establece en un 0,02% o menos. Sin embargo una reducción excesiva conduce a un aumento del coste de refinación y, por lo tanto, el contenido de N es preferiblemente del 0,005% al 0,018%.

El Si es un elemento útil como agente desoxidante y el Si es un elemento muy importante para mejorar la resistencia a la oxidación. El efecto se exhibe a un contenido de un 0,10% o más. Sin embargo, en el caso en el que el contenido de Si es más del 0,60% tiende a producirse un desprendimiento de escamas. En consecuencia el contenido de Si se establece de un 0,10% a 0,60%. Además, con respecto a las propiedades de fatiga térmica, el Si promueve la precipitación de un compuesto intermetálico, que se denomina fase Laves y contiene Fe, Nb, Mo y W como componentes principales, a una temperatura elevada. Por consiguiente, el contenido de Si es preferiblemente más de 0,10% a 0,30% o menos.

El Mn es un elemento que se agrega como agente desoxidante, el Mn forma un óxido basado en Mn en una porción de capa superficial durante el uso por un largo período de tiempo y el Mn contribuye a la adhesividad de la escala o a la limitación de la oxidación anormal. El efecto se exhibe a un contenido de 0,10% o más. Por otra parte, la adición excesiva de Mn a un contenido de más de 0,80% disminuye la elongación uniforme a temperatura ambiente. Además, se forma MnS y, por lo tanto, se produce una disminución de la resistencia a la corrosión o el deteriora de la resistencia a la oxidación. Desde estos puntos de vista, el límite superior del contenido de Mn se establece en un 0,80%. Además, el contenido de Mn es preferiblemente de 0,10% a 0,60% desde el punto de vista de la ductilidad a alta temperatura o la adhesividad de escala.

En esta realización, el Cr es un elemento esencial para asegurar la resistencia a la oxidación. En el caso en el que el contenido de Cr es menos que un 15,0%, no se exhibe este efecto, y en el caso en el que el contenido de Cr es más que un 21,0%, la manejabilidad disminuye, o se produce un deterioro en la tenacidad. Por consiguiente, el contenido de Cr se establece de un 15,0% a un 21,0%. Además, el contenido de Cr es preferiblemente del 17,0% al 19,0% cuando se consideran la ductilidad a alta temperatura y el coste de fabricación.

El Cu es un elemento que es efectivo para mejorar las propiedades de la fatiga térmica. Este efecto se produce por una operación de endurecimiento por precipitación debido a la precipitación de ϵ -Cu. En el caso en que se agregue más de 2,00% de Cu, la operación se manifiesta en gran medida en la vida útil de la fatiga térmica a aproximadamente 950° C. Por otro lado, en el caso en el que se agrega una cantidad excesiva de Cu, el alargamiento uniforme se deteriora y la resistencia a la fluencia a temperatura ambiente se vuelve demasiado alta y, por lo tanto, se produce un problema en términos de capacidad de moldeo a presión. Además, en el caso de que se añada más de 3,50% de Cu, se forma una fase austenítica en una zona de alta temperatura y, por lo tanto, y tiende a producirse una oxidación anormal en una superficie. En consecuencia, el límite superior de contenido de Cu se establece en 3,50%. En el caso en que el contenido de Cu es superior al 3,50%, existe una tendencia a que las propiedades de fatiga térmica también estén saturadas (las propiedades de fatiga térmica no mejoran adicionalmente). Además, el contenido de Cu es preferiblemente 2,50% a 3,15% cuando se considera la capacidad de fabricación o la adhesividad de escala.

El Nb es un elemento que es necesario para el fortalecimiento de la solución sólida y el fortalecimiento de la precipitación debido a una precipitación minuciosa de una fase de Laves. La vida útil de la fatiga térmica se mejora por el fortalecimiento de la solución sólida y el fortalecimiento de la precipitación. Además, el Nb fija el C y el N como carbonitruros y el Nb juega el papel de contribuir al desarrollo de la textura de re-cristalización que tiene un efecto en la resistencia a la corrosión o un valor r de una chapa producto. En el acero con Nb-Mo-Cu de esta realización, el refuerzo de la precipitación se obtiene incluyendo 0,30% o más de Nb. En consecuencia, el límite inferior de contenido de Nb se establece en 0,30%. Además, la adición de una cantidad excesiva de Nb de más de un 0,80% promueve el engrosamiento de la fase de Laves; y como resultado, el Nb no afecta a la vida útil de la fatiga térmica, y el coste también aumenta. En consecuencia, el límite superior del contenido de Nb es preferiblemente de 0,40% a 0,65% cuando se consideran la posibilidad de

fabricación y el coste.

El Mo mejora la resistencia a la corrosión y el Mo limita la oxidación a alta temperatura. Además, el Mo es efectivo para el fortalecimiento de la precipitación debido a la precipitación minuciosa de la fase Laves y al fortalecimiento de la solución sólida. Sin embargo, la adición de una cantidad excesiva de Mo promueve la precipitación gruesa de la fase Laves, la capacidad de fortalecimiento de la precipitación se deteriora y la capacidad de manejo se deteriora. En la invención, en el acero con Cu-Nb-Mo anteriormente descrito, en el caso en que el contenido de Mo es un 1,00% o más se obtiene un refuerzo de la precipitación debido a la precipitación minuciosa de la fase Laves y al fortalecimiento de la solución sólida. En consecuencia, el límite inferior de contenido de Mo se establece en el 1,00%. La adición de una cantidad excesiva de Mo de más de un 2,50% promueve el engrosamiento de la fase de Laves; y como resultado, el Mo no afecta a la vida útil de la fatiga térmica y el coste también aumenta. En consecuencia, el límite superior del contenido de Mo se establece en 2,50%. Además, el contenido de Mo es preferiblemente de 1,50% a 2,10% cuando se consideran la capacidad de fabricación y el coste. El contenido de Mo es preferiblemente del 1,60% al 1,90% cuando se considera la resistencia a la oxidación.

El B es un elemento que mejora la manejabilidad secundaria durante el proceso de prensado de un producto y este efecto se exhibe con un contenido de B de 0,0003% o más. Sin embargo, la adición de una cantidad excesiva de B deteriora el endurecimiento y la corrosión del límite del grano. En consecuencia, el límite superior del contenido de B se establece en 0,0030%. Además, el contenido de B es preferiblemente de 0,0003% a 0,0015% cuando se considera la capacidad de moldeo o el coste de fabricación.

Se explicará la forma de existencia de ϵ -Cu en una estructura cristalina de una chapa de acero. En el caso en el que el contenido de Cu es más de un 2,00%, si el tamaño máximo de partícula de ϵ -Cu en una etapa del producto es 200 nm o menos, es posible mejorar muy efectivamente las propiedades de fatiga térmica a 950° C debido al fortalecimiento de la precipitación de una fase ϵ -Cu. Sin embargo, en el caso en el que el tamaño máximo de partícula de ϵ -Cu es mayor de 200 nm, preferentemente se produce un crecimiento de ϵ -Cu que tiene un tamaño superior a 200 nm en lugar de la precipitación del nuevo ϵ -Cu a una temperatura alta, y por lo tanto el fortalecimiento de la precipitación no funciona de manera efectiva. En consecuencia, el límite superior del tamaño de partícula máximo de ϵ -Cu se establece en 200 nm. Además, en el caso en el que se permite que se precipite ϵ -Cu que tenga un tamaño de partícula máximo inferior a 20 nm, el ϵ -Cu diminuto se dispersa densamente y, por lo tanto, la capacidad de manejo se deteriora. En consecuencia, el límite inferior del tamaño de partícula máximo de ϵ -Cu se establece en 20 nm. Además, con el fin de mejorar más eficazmente las propiedades de fatiga térmica mediante el refuerzo de la precipitación de ϵ -Cu, el tamaño de partícula máximo de ϵ -Cu es preferiblemente de 30 nm a 100 nm. En este documento, en el caso en el que el tamaño máximo de partícula ϵ -Cu es de 20 nm a 200 nm, la densidad de precipitación de ϵ -Cu que tiene un tamaño de partícula de 20 nm a 200 nm se convierte en un intervalo de 10 piezas / μm^2 o más. En el caso en el que el tamaño de partícula máximo de ϵ -Cu excede 200 nm o el tamaño máximo de partícula es menor que 20 nm, la densidad de precipitación de ϵ -Cu que tiene un tamaño de partícula de 20 nm a 200 nm llega a ser inferior a 10 piezas / μm^2 . Esto también es cierto en el caso en el que el tamaño máximo de partícula es de 30 nm a 100 nm (un intervalo de tamaño de partícula preferible de ϵ -Cu). Es decir, en el caso en el que el tamaño de partícula máximo de ϵ -Cu es de 30 nm a 100 nm, la densidad de precipitación de ϵ -Cu que tiene un tamaño de partícula de 30 nm a 100 nm llega a ser de 10 piezas / μm^2 o más.

Además, se pueden añadir los siguientes elementos para mejorar propiedades tales como la resistencia a alta temperatura.

El W es un elemento que tiene el mismo efecto que el Mo y el W mejora las propiedades de fatiga térmica. Este efecto se exhibe de manera estable a un contenido del 0,05% o más. Sin embargo, en el caso en el que se agrega una cantidad excesiva de W, se promueve el endurecimiento de la fase Laves, se produce un engrosamiento de los precipitados y se deteriora la capacidad de fabricación y la capacidad de manejo. Por consiguiente, el contenido de W es preferiblemente de 2,00% o menos. Además, el contenido de W es preferiblemente de 0,10% a 1,50% cuando se considera el coste, la resistencia a la oxidación y similares.

El Mg es un elemento que mejora la capacidad de manejo secundaria y en el caso en el que

se agrega un 0,0002% o más de Mg, el efecto se exhibe de forma estable. Sin embargo, en el caso en el que se agrega más de un 0,0050% de Mg, la capacidad de manejo se deteriora enormemente y, por consiguiente, el contenido de Mg es preferiblemente del 0,0002% al 0,0050%. Además, el contenido de Mg es preferiblemente del 0,0002% al 0,0020% cuando se considera el coste de la superficie.

El Ni es un elemento que mejora la resistencia a la corrosión. Sin embargo, en el caso en el que se agrega una cantidad excesiva de Ni, se forma una base austenítica en una zona de alta temperatura y, por lo tanto, se produce una oxidación anormal y desprendimiento de escamas en la superficie. En consecuencia, el límite superior de contenido de Ni se establece en 1,0%. Además, este efecto se exhibe en o por encima del 0,05% y el efecto se exhibe de manera estable desde el 0,1%, pero el contenido de Ni es preferiblemente del 0,1% al 0,6% cuando se considera el coste de fabricación.

El Co es un elemento que mejora la resistencia a altas temperaturas. Sin embargo, en el caso en que se agrega más de 1,0% de Co, la capacidad de fabricación y la capacidad de manejo se deterioran en gran medida. En consecuencia, el contenido de Co se establece en 1,0% o menos. Además, el contenido de Co es preferiblemente de 0,05% a 0,50% cuando se considera el coste.

El Ta es un elemento que mejora la resistencia a alta temperatura y el Ta se puede agregar según sea necesario. Sin embargo, en el caso en que se agrega una cantidad excesiva de Ta, se produce una disminución en la ductilidad a temperatura ambiente o una disminución de la tenacidad. En consecuencia, el límite superior del contenido de Ta se establece en 0,50%. El contenido de Ta es preferiblemente de 0,05% a 0,30% para lograr un buen equilibrio entre la resistencia a alta temperatura, la ductilidad y la tenacidad.

El Al es un elemento desoxidante y es un elemento que mejora la resistencia a la oxidación. El Al es un elemento fortalecedor que es efectivo para mejorar la resistencia mecánica. Esta operación se exhibe de forma estable con un contenido de Al de 0,10% o más. Sin embargo, la adición de una cantidad excesiva de Al disminuye en gran medida la elongación uniforme debido al endurecimiento y disminuye en gran medida la tenacidad. En consecuencia, el límite superior del contenido de Al se establece en 1,0%. Además, el contenido de Al es preferiblemente de 0,1% a 0,3% cuando se consideran defectos de superficie, capacidad de soldeo y capacidad de fabricación. Por otro lado, en el caso de agregar Al para la desoxidación, menos del 0,10% de Al permanece en el acero como una impureza inevitable.

El V forma un carbonitrúro diminuto en combinación con el Nb y el V contribuye a una mejora de la vida útil de la fatiga térmica debido al hecho de una operación de refuerzo de la precipitación. Este efecto se exhibe de manera estable en el caso en que se agrega un 0,055 o más de V. Sin embargo en el caso en que se agrega más de 0,50% de V, se carboniza el carbonitrúro de Nb; y de este modo, la resistencia a alta temperatura y la vida útil de la fatiga térmica y la capacidad de manejo tienden a disminuir. En consecuencia, el límite superior del contenido de V se establece en 0,50%. Además, el contenido de V es preferiblemente de 0,05% a 0,30% cuando se considera el coste de fabricación o capacidad de fabricación.

El Sn es un elemento que mejora la vida útil de la fatiga térmica debido al fortalecimiento de la solución sólida, y este efecto se exhibe de forma estable con una adición de 0,05% o más de Sn. Además, el Sn también es un elemento que mejora la resistencia a la corrosión y este efecto se exhibe en el caso en que se agrega 0,01% o más de Sn. Sin embargo, en el caso en que se agrega más de un 0,50% de Sn, la capacidad de manejo se deteriora mucho. En consecuencia, el contenido de Sn se establece en 0,50% o menos. Además, el contenido de Sn es preferiblemente del 0,05% al 0,30% cuando se considera el coste o la calidad de la superficie.

El Sb es eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión y se puede agregar 0,5% o menos de Sb según sea necesario. Particularmente, el límite inferior del contenido de Sb es preferiblemente del 0,005% desde el punto de vista de la corrosión en grietas. Además, el límite inferior del contenido de Sb es preferiblemente del 0,01% desde el punto de vista de la capacidad de fabricación o el coste. El límite superior del contenido de Sb es preferiblemente del 0,1% desde el punto de vista del coste.

Se puede agregar un 0,1% o menos de Ga para mejorar la resistencia a la corrosión o para limitar la capacidad de fragilizar por hidrógeno. El límite inferior del contenido en Ga es preferiblemente del 0,0005% desde el punto de vista de la formación de un sulfuro o un

hidruro. El contenido de Ga es preferiblemente del 0,0010% 0 más y más preferiblemente del 0,0020% 0 más desde el punto de vista de la capacidad de fabricación o el coste.

Como en el caso del Nb, Ti y similares, el Zr forma un carbonitruro, el Zr limita la formación de carbonitruro de Cr, y el Zr mejora la resistencia a la corrosión. En consecuencia, es preferible agregar 0,01% o más de Zr según sea necesario. Además, incluso en el caso en que se agrega más de 0,30% de Zr, el efecto se satura (el efecto no mejora más), y esta adición se convierte en una causa de defectos superficiales debido a la formación de un gran óxido. Por consiguiente, el contenido de Zr es preferiblemente de 0,01% a 0,30% y más preferiblemente de 0,20% o menos. El Zr es un elemento que es más caro que el Ti y el Nb, y por lo tanto es preferible que el contenido de Zr se establezca del 0,02% a 0,05% cuando se considera el coste de fabricación. Un MTR (metal de tierras raras) es un elemento que exhibe un efecto de mejora de la resistencia a la oxidación o adhesividad de una película de óxido. El límite inferior del contenido de MTR (contenido total de los elementos metálicos de tierras raras) es preferiblemente 0,002% para exhibir el efecto. El efecto se llega a saturar (el efecto no mejora más) con un contenido de MTR del 0,2%. En este documento, el MTR (elemento de tierras raras) sigue una definición general y representa un término colectivo para dos elementos de escandio (Sc) e itrio (Y) y 15 elementos (lantánidos) a partir del lantano (La) hasta el lutecio (Lu). Entre estos elementos MTR, se puede agregar uno solo o puede agregarse una mezcla de dos o más.

Con respecto a otros componentes, en esta realización no hay una limitación particular. Sin embargo, en esta realización, se puede agregar del 0,001% a 0,1% de Hf, Bi y similares según sea necesario. Por otro lado, es preferible que la cantidad de elementos generalmente nocivos tales como As, Pb y similares, o impurezas se reduzca tanto como sea posible.

Con respecto a un método para fabricar una chapa de acero, hasta un proceso de calentamiento en el recocido de acabado, es posible emplear procesos en un método para fabricar acero inoxidable ferrítico general. Por ejemplo, el acero inoxidable ferrítico que tiene una composición en el intervalo de esta realización se funde para preparar un bloque. El bloque se calienta a una temperatura de 1000° C a 1300° C, y el bloque se somete a laminado en caliente en un rango de temperatura de 1100° C a 700° C para preparar una chapa laminada en caliente que tiene un espesor de 4 mm a 6 mm. Luego, el recocido se realiza a una temperatura de 800° C a 1100° C y se realiza un decapado para obtener una lámina recocida y decapada. La lámina recocida y decapada se somete a un laminado en frío para preparar una chapa laminada en frío que tiene un espesor de 1,0 mm a 2,5 mm. Luego, se realiza el recocido de acabado a una temperatura de 1000° C a 1100° C, y luego se realiza el decapado. Es posible fabricar una chapa de acero a través de estos procesos. Sin embargo, con respecto a la velocidad de enfriamiento después del recocido de acabado, en el caso en que la velocidad de enfriamiento en un intervalo de temperatura de hasta 700° C es baja, el ϵ -Cu se vuelve grueso y precipita según una fase de Laves y similares de forma precipitada. En este caso, existe la posibilidad de que no se exhiban las propiedades de fatiga térmica y la capacidad de manejo tal como la ductilidad a temperatura ambiente y similares puedan deteriorarse. Por consiguiente, es preferible que la velocidad de enfriamiento promedio en un rango de temperatura desde la temperatura de recocido final hasta los 700° C se controle para que sea de 20° C /segundo o más. En el caso en que la velocidad de enfriamiento promedio se controla para ser de 20° C /segundo a 100° C /segundo, se logra el objetivo. En el caso en que la velocidad de enfriamiento promedio se controla para que sea de 20° C /segundo a 30° C /segundo, se exhibe suficientemente el efecto obtenido debido al control de la velocidad de enfriamiento. Además, la velocidad de enfriamiento promedio es preferiblemente de 30° C /segundo o más, y más preferiblemente 50° C /segundo o más cuando se considera una mejora de la capacidad de fabricación. Además, en un intervalo de temperatura de 700° C a 500° C en el que la precipitación de Cu ocurre en gran medida, si se realiza un enfriamiento excesivo, una fase ϵ -Cu diminuta que tiene un tamaño de menos de 20 nm precipita densamente, y por lo tanto la capacidad de manejo a temperatura ambiente se deteriora. Además, si se realiza un enfriamiento excesivo para que ϵ -Cu no precipite, la forma del espesor de la chapa se deteriora. En consecuencia, es preferible controlar que la velocidad de enfriamiento esté en un intervalo constante. En esta realización, es necesario permitir que ϵ -Cu tenga un tamaño de partícula máximo de 20 nm o mayor para precipitar, y por lo tanto no se prefiere el enfriamiento excesivo, y es preferible realizar un enfriamiento a una velocidad de enfriamiento de 20° C /segundo o menos. Sin embargo, en el caso en que la velocidad de enfriamiento es demasiado baja, el ϵ -Cu se vuelve más grueso, y por lo tanto el efecto de mejorar las propiedades de fatiga térmica no se exhiben de manera efectiva. En consecuencia, el límite inferior de la velocidad de enfriamiento se establece en 3° C /segundo. Además, la velocidad de enfriamiento es

preferiblemente de 5° C / segundo a 15° C /segundo cuando se considera la capacidad de fabricación. Además, las condiciones de laminación en caliente de la chapa laminada en caliente, el espesor de la chapa laminada en caliente, si la chapa laminada en caliente se somete o no al recocido, las condiciones de laminado en frío, y una temperatura de recocido, atmósfera, y similares de la chapa laminada en caliente y la chapa laminada en frío se puede seleccionar apropiadamente. Además, el laminado en frío y el recocido se pueden repetir una pluralidad de veces, o se puede aplicar un laminado en frío o un nivelador de tensión después del laminado en frío y el recocido. Además, el espesor de lámina de un producto se puede seleccionar de acuerdo con el espesor del elemento que se solicita.

EJEMPLOS

<Método de producción de muestras>

El acero que tiene una composición de componentes que se muestra en la Tabla 1 y Tabla 2 se fundió para moldear un bloque de 50 Kg. El bloque se sometió a laminación en caliente a una temperatura de 1100° C a 700° C para obtener una chapa laminada en caliente que tiene un espesor de 5 mm. Luego, la chapa laminada en caliente fue recocida a una temperatura de 900° C a 1000° C y la chapa laminada en caliente se sometió posteriormente a un decapado. La laminación en frío se realizó para obtener un espesor de 2 mm, y se realizaron un recocido y decapado para obtener una chapa producto. La temperatura de recocido de la chapa laminada en frío se estableció entre 1000° C y 1100° C. Los números A1 a A23 de la Tabla 1 representan ejemplos de la invención y los números 18 a 39 de la Tabla 2 representan ejemplos comparativos. En la Tabla 1 y la Tabla 2, un valor subrayado representa un valor fuera de rango de esta realización, y “-” representa ninguna adición.

<Método de medición de ϵ -Cu>

Como muestra de la chapa laminada en frío y recocida, se recogió una muestra de película delgada mediante un método de pulido electrolítico y se observó una estructura con un microscopio electrónico de transmisión (FE-TEM). Se observó una porción arbitraria a 20.000 veces de aumento y se tomaron 10 fotografías de ϵ -Cu que precipitaron en un grano. Con este aumento, fue posible observar un estado de distribución de ϵ -Cu de una manera aproximadamente uniforme. Las fotografías fueron escaneadas por un escáner y fue sometido a un proceso de imagen en color solamente el ϵ -Cu. Posteriormente, el área de cada partícula utilizando un software de análisis de imagen “Scion Image” desarrollado por Scion Corporation. Se calculó un diámetro de círculo equivalente a partir del área de la partícula y se midió el tamaño de partícula de ϵ -Cu. El Fe, Cu, Nb, Mo y Cr se cuantificaron con un aparato EDS (analizador de rayos X fluorescente dispersivo de energía) equipado con un FE-TEM para clasificar el tipo de precipitados. El ϵ -Cu es aproximadamente Cu puro y, por lo tanto un precipitado, en el que el contenido de Cu era mayor que la cantidad agregada de Cu que se denominó ϵ -Cu. La evaluación de ϵ -Cu se realizó de dos maneras, incluida la evaluación del tamaño máximo de partícula y la evaluación de la densidad de precipitación. Con respecto a la evaluación del tamaño máximo de partícula, se evaluó como “buena” una chapa de acero en la que el tamaño máximo de partícula de ϵ -Cu era de 20 nm a 200 nm, y el resultado de la evaluación se ha listado como “B” en las tablas. En la chapa de acero, una chapa de acero en la que el tamaño máximo de partícula de ϵ -Cu era de 30 nm a 100 nm se evaluó como “excelente”, y el resultado de la evaluación fue listado como “A” en las tablas. Una chapa de acero en la cual el tamaño máximo de partícula de ϵ -Cu estaba en un rango de menos de 20 nm o en un rango de más de 200 nm fue evaluada como “mala” y el resultado de la evaluación fue listado como “C” en las tablas. Con respecto a la evaluación de la densidad de precipitación, una chapa de acero en la que la densidad de precipitación de ϵ -Cu que tiene un tamaño de 20 nm a 200 nm era de 10 piezas / μm^2 o más se evaluó como “buena” y el resultado de la evaluación fue listado como “B” en las tablas. Además, una chapa de acero en la que la densidad de precipitación de ϵ -Cu que tiene un tamaño de 30 nm a 100 nm era de 10 piezas / μm^2 o más se evaluó como “excelente” y el resultado de la evaluación fue listado como “A” en las tablas. Una lámina de acero en la que la densidad de precipitación de ϵ -Cu que tiene un tamaño de 20 nm a 200 nm era inferior a 10 piezas / μm^2 se evaluó como “mala” y el resultado de la evaluación fue listado como “C” en las tablas.

<Método de prueba de la fatiga térmica>

La chapa producto que se obtuvo como se describió anteriormente se arrolló en forma de tubo y los extremos de la chapa se soldaron mediante soldadura TIG para preparar un tubería que tenía un diámetro de 30 mm (ϕ). Además, esta tubería se cortó en una longitud de 300 mm para preparar un muestra de fatiga térmica con una pendiente de 20 mm. El siguiente ciclo de tratamiento térmico se repitió con respecto a la muestra con una tasa de restricción

del 20% en el aire utilizando un probador de fatiga térmica de tipo servo-aspirador (el calentamiento se realizó con un dispositivo por inducción de alta frecuencia) y fue evaluada la vida útil de la fatiga térmica.

5 El ciclo de tratamiento térmico (1 ciclo): la temperatura se elevó de 200° C a 950° C durante 150 segundos. Posteriormente, la muestra se mantuvo a 950° C durante 120 segundos. Posteriormente, la temperatura se redujo de 950° C a 200° C durante 150 segundos.

10 En este documento, el número de ciclos cuando una grieta atravesaba el espesor de la chapa se definió como la vida útil de la fatiga térmica. La penetración se confirmó mediante un examen visual cada 100 ciclos transcurridos. Una lámina de acero en la que la vida útil de la fatiga térmica fue de 2500 ciclos o más se evaluó como "buena" y el resultado de la evaluación fue listado como "B" en las tablas. Una lámina de acero en la que la vida útil de la fatiga térmica fue de 2800 ciclos o más se evaluó como "excelente" y el resultado de la evaluación fue listado como "A" en las tablas. Una lámina de acero en la que la vida útil de la fatiga térmica era inferior a 2500 ciclos se evaluó como "mala" y el resultado de la evaluación fue listado como "C" en las tablas.

<Método de evaluación de la capacidad de manejo a temperatura ambiente>

20 Se preparó una muestra numerada como JIS13B en la que se estableció una dirección longitudinal como la dirección de laminación. Además, se realizó una prueba de tracción para medir el alargamiento de rotura (elongación total). En este documento, en el caso en que la elongación de rotura a temperatura ambiente es 26% o mayor, es posible procesar una chapa de acero de una pieza de escape típica. En consecuencia, una chapa de acero que tuvo un alargamiento de rotura de 26% o superior se evaluó como "buena" y el resultado de la evaluación fue listado como "B" en las tablas. Una chapa de acero con un alargamiento de rotura de menos de 26% se evaluó como "mala" y el resultado de la evaluación fue listado como "C" en las tablas.

30 Los resultados de evaluación obtenidos se muestran en la Tabla 3 y la Tabla 4.

Tabla 1

	No.	Contenidos de los componentes (% en masa)									
		C	N	Si	Mn	Cr	Cu	Nb	Mo	B	Otros
Ejemplos de la invención	A1	0.011	0.016	0.28	0.29	18.1	2.57	0.77	2.39	0.0005	-
	A2	0.005	0.011	0.56	0.35	17.6	2.85	0.45	1.70	0.0008	-
	A3	0.005	0.012	0.24	0.75	17.8	3.01	0.44	1.71	0.0009	-
	A4	0.007	0.010	0.20	0.13	20.6	2.69	0.53	1.85	0.0008	-
	A5	0.006	0.010	0.15	0.38	18.7	3.05	0.56	1.68	0.0021	-
	A6	0.007	0.009	0.29	0.33	18.4	2.72	0.47	1.65	0.0014	W:0.06
	A7	0.005	0.010	0.12	0.56	18.3	2.38	0.60	1.90	0.0010	W:1.37
	A8	0.008	0.013	0.30	0.52	19.0	2.81	0.38	1.55	0.0007	W:0.45
	A9	0.006	0.010	0.18	0.48	18.5	3.17	0.50	1.89	0.0006	-
	A10	0.005	0.011	0.29	0.58	18.5	2.87	0.45	2.07	0.0006	-
	A11	0.008	0.013	0.14	0.46	17.5	2.95	0.57	1.85	0.0011	-
	A12	0.005	0.011	0.15	0.42	17.2	2.81	0.51	1.28	0.0007	W:1.62
	A13	0.005	0.011	0.33	0.58	18.0	2.80	0.55	2.02	0.0011	Mg:0.0005
	A14	0.008	0.012	0.30	0.40	17.5	3.10	0.40	1.99	0.0006	Ni:0.3

(continuación)

	No.	Contenidos de los componentes (% en masa)									
		C	N	Si	Mn	Cr	Cu	Nb	Mo	B	Otros
	A15	0.006	0.012	0.21	0.30	17.8	2.91	0.43	1.83	0.0007	Co:0.33
	A16	0.008	0.015	0.23	0.24	18.1	2.92	0.48	1.75	0.0010	Ta:0.25
	A17	0.006	0.011	0.22	0.52	17.4	2.88	0.45	1.78	0.0005	Al:0.41
	A18	0.005	0.011	0.16	0.34	19.0	3.20	0.32	1.17	0.0005	V:0.18
	A19	0.006	0.010	0.15	0.36	15.7	2.93	0.52	1.85	0.0009	Sn:0.10
	A20	0.007	0.010	0.25	0.37	18.5	3.18	0.52	1.95	0.0005	Sb:0.05
	A21	0.007	0.015	0.35	0.58	18.4	3.07	0.51	1.93	0.0007	Ga:0.004
	A22	0.006	0.012	0.30	0.63	18.6	2.92	0.42	2.01	0.0006	Zr:0.04
	A23	0.006	0.012	0.29	0.48	19.1	2.95	0.56	1.87	0.0005	REM:0.01

Tabla 2

	No.	Contenidos de los componentes (% en masa)									
		C	N	Si	Mn	Cr	Cu	Nb	Mo	B	Otros
Ejemplos comparativos	18	<u>0.030</u>	0.012	0.28	0.51	18.9	3.15	0.41	1.55	0.0005	-
	19	0.005	<u>0.035</u>	0.20	0.42	17.5	2.77	0.50	1.91	0.0007	-
	20	0.005	0.013	<u>0.89</u>	0.29	18.6	2.65	0.45	1.67	0.0006	-
	21	0.006	0.009	0.28	<u>1.25</u>	18.0	2.88	0.48	1.70	0.0008	W:0.70
	22	0.006	0.011	0.19	0.55	<u>23.8</u>	3.01	0.60	1.95	0.0008	-
	23	0.006	0.011	0.20	0.28	16.8	<u>1.89</u>	0.52	1.78	0.0010	-
	24	0.006	0.012	0.21	0.25	19.2	<u>3.83</u>	0.44	2.01	0.0010	-
	25	0.007	0.010	0.25	0.22	18.7	2.91	<u>0.20</u>	1.83	0.0005	-
	26	0.005	0.011	0.23	0.58	18.0	2.76	<u>1.14</u>	1.72	0.0005	-
	27	0.005	0.009	0.30	0.39	18.6	2.75	0.51	<u>0.91</u>	0.0006	W:0.12
	28	0.005	0.012	0.28	0.21	18.0	2.88	0.51	<u>3.01</u>	0.0006	-
	29	0.005	0.010	0.15	0.56	17.2	2.58	0.47	1.91	0.0005	W: <u>2.55</u>
	30	0.006	0.013	0.25	0.45	19.0	3.10	0.45	1.68	<u>0.0055</u>	-
	31	0.005	0.012	0.18	0.51	16.4	3.08	0.44	1.87	0.0006	Mg: <u>0.0078</u>
	32	0.007	0.012	0.25	0.55	17.4	2.88	0.42	1.65	0.0005	Ni: <u>1.5</u>
	33	0.007	0.010	0.30	0.32	18.0	2.87	0.47	1.87	0.0006	Co: <u>1.8</u>
	34	0.007	0.009	0.21	0.57	18.1	2.65	0.41	1.67	0.0005	Al: <u>2.10</u>
	35	0.006	0.009	0.18	0.58	18.6	2.67	0.62	1.83	0.0005	V: <u>0.86</u>
	36	0.006	0.010	0.16	0.48	18.4	2.73	0.58	2.00	0.0008	Sn:0.76
	37	0.005	0.011	0.23	0.58	18.5	2.81	0.45	1.97	0.0008	-
	38	0.006	0.012	0.19	0.58	18.6	2.82	0.45	1.98	0.0008	-
	39	0.005	0.012	0.27	0.57	18.6	2.82	0.44	1.98	0.0008	-

Tabla 3

No.	Estado de precipitación de ϵ -Cu		Velocidad de enfriamiento desde final recocido hasta 700°C (°C/segundo)	Velocidad enfriamiento desde 700°C a 500°C (°C/segundo)	Vida útil de fatiga térmica a 950°C	Elongación de rotura a temperatura ambiente
	Tamaño máximo de partícula	Densidad de precipitación de 20 a 200 nm				
A1	B	B	25.0	3.0	B	B
A2	B	B	30.0	17.0	B	B
A3	B	B	20.0	15.0	B	B
A4	B	B	20.0	13.0	B	B
A5	B	B	25.0	10.0	B	B
A6	A	A	30.0	10.0	A	B
A7	B	B	100.0	7.0	B	B
A8	B	B	20.0	10.0	B	B
A9	B	B	25.0	5.0	B	B
A10	A	A	20.0	15.0	A	B
A11	A	A	20.0	3.0	A	B
A12	B	B	20.0	8.0	B	B
A13	B	B	30.0	7.0	B	B
A14	A	A	20.0	5.0	A	B
A15	B	B	25.0	18.0	B	B
A16	A	A	30.0	8.0	A	B
A17	B	B	20.0	10.0	B	B
A18	B	B	20.0	10.0	B	B
A19	B	B	30.0	7.0	A	B
A20	B	B	25.0	5.0	A	B
A21	B	B	30.0	10.0	B	B
A22	B	B	30.0	10.0	B	B
A23	B	B	25.0	10.0	B	B

Ejemplos de la invención

Tabla 4

No.	Estado de precipitación de ϵ -Cu		Velocidad de enfriamiento desde final recocido hasta 700°C (°C/segundo)	Velocidad de enfriamiento desde 700°C a 500°C (°C/segundo)	Vida útil de fatiga térmica a 950°C	Elongación de rotura a temperatura ambiente
	Tamaño máximo de partícula	Densidad de precipitación de 20 a 200 nm				
18	B	B	20.0	17.0	C	B
19	B	B	20.0	10.0	C	B
20	B	B	20.0	15.0	C	C
21	B	B	25.0	10.0	B	C
22	B	B	30.0	8.0	B	C
23	B	B	20.0	8.0	C	B
24	B	B	30.0	8.0	B	C
25	B	B	30.0	7.0	C	B
26	B	B	20.0	10.0	B	C
27	B	B	50.0	5.0	C	B
28	B	B	25.0	5.0	B	C
29	B	B	30.0	15.0	B	C
30	B	B	35.0	5.0	B	C
31	B	B	23.0	4.0	B	C
32	B	B	25.0	5.0	B	C
33	B	B	20.0	10.0	B	C
34	B	B	20.0	8.0	B	C
35	B	B	25.0	15.0	B	C
36	B	B	20.0	17.0	B	C
37	C	C	10.0	10.0	C	C
38	C	C	25.0	25.0	B	C
39	C	C	20.0	2.0	C	B

Ejemplos Comparativos

<Resultado de la evaluación>

Como resulta evidente a partir de la Tabla 3 y la Tabla 4, los ejemplos de la invención tienen una composición de componentes que se define en esta realización y el tamaño partícula máximo de ϵ -Cu está en un intervalo de esta realización. A partir de este resultado, se puede ver que la vida útil de la fatiga térmica a 950° C en los ejemplos de la invención es más excelente que en los ejemplos comparativos.

Particularmente, en los números de aceros A6, A10, A11, A14 y A16 que satisfacen todas las condiciones preferidas, la vida útil de la fatiga térmica es además buena. Además, con respecto a las propiedades mecánicas a temperatura ambiente, la ductilidad a la fractura es buena y por lo tanto se puede ver que se proporciona capacidad de manejo igual o mayor que en los ejemplos comparativos.

En el acero número 18, el contenido de C excede el límite superior de esta realización. En el acero 19, el contenido de N excede el límite superior de esta realización. En consecuencia, en los números de aceros 18 y 19, la vida útil de la fatiga térmica a 950° C es inferior a la de los ejemplos de la invención.

En el acero número 20, el Si excede el límite superior de esta realización. En consecuencia, la vida útil de la fatiga térmica es menor que en los ejemplos de la invención.

En el acero número 21, el Mn se ha agregado de forma excesiva. En el acero número 22, el Cr se ha agregado excesivamente. En consecuencia, en los aceros números 21 y 22, la ductilidad a temperatura ambiente es baja.

En el acero número 23, el contenido de Cu es menor que el límite inferior de esta realización. En el acero número 25, el contenido de Nb es menor que el límite inferior de esta realización. En el acero número 27, el contenido de Mo es menor que el límite inferior de esta realización. En consecuencia, los aceros números 23, 25 y 27, la vida útil de la fatiga térmica es pobre.

En el acero número 24, el contenido en Cu excede el límite superior de esta realización. En el acero número 26, el contenido de Nb excede el límite superior de esta realización. En el acero número 28, el contenido de Mo excede el límite superior de esta realización. En el acero número 29, el contenido de W excede el límite superior de esta realización. Por consiguiente, en los aceros números 24, 26, 28 y 29 la vida útil de la fatiga térmica es excelente, pero la ductilidad a temperatura ambiente es baja.

En el acero número 30, el contenido de B excede el límite superior de esta realización. En el acero número 31, el contenido de Mg excede el límite superior de esta realización. En el acero número 32, el contenido de Ni excede el límite superior de esta realización. En el acero número 33, el contenido de Co excede el límite superior de esta realización. En el acero número 34, el contenido de Al excede el límite superior de esta realización. En el acero número 35, el contenido de V excede el límite superior de esta realización. En el acero número 36, el contenido de Sn excede el límite superior de esta realización. En los aceros números 30 a 36, la vida útil de la fatiga térmica es excelente, pero la ductilidad a temperatura ambiente es baja.

En el acero número 37, la composición del componente está en el rango de esta realización, pero la velocidad de enfriamiento desde la temperatura de recocido del acabado hasta los 700° C es baja. En consecuencia, el tamaño máximo de partícula ϵ -Cu excede de 200 nm y la vida útil de la fatiga térmica y la ductilidad a temperatura ambiente son bajas.

En el acero número 38, la composición del componente está en el rango de esta realización, pero la velocidad de enfriamiento desde 700° C hasta 500° C es demasiado alta. De acuerdo con ello, precipita ϵ -Cu muy diminuto, y de este modo el tamaño máximo de partícula de ϵ -Cu llega a ser inferior a 20 nm. En consecuencia, la vida útil de la fatiga térmica es excelente, pero la ductilidad a temperatura ambiente es pobre.

En el acero número 39, la composición del componente está en el rango de esta realización, pero la velocidad de enfriamiento desde 700° C hasta 500° C es demasiado baja. En consecuencia, precipita ϵ -Cu muy grueso y por lo tanto el tamaño de partícula máximo de ϵ -Cu excede los 200 nm. En consecuencia, la vida útil de la fatiga térmica es pobre.

Por otro lado, en el caso en que el tamaño de partícula máximo de ϵ -Cu es de 20 nm a 200 nm, se puede ver que la densidad de precipitación de ϵ -Cu que tiene un tamaño de partícula de 20 nm a 200 nm es de 10 piezas / μm^2 o más. Además, en el caso en que el tamaño de partícula máximo de ϵ -Cu está en un rango de más de 200 nm o en un rango de menos de 20 nm, se puede ver que la densidad de precipitación de ϵ -Cu que tiene un tamaño de partícula de 20 nm a 200 nm es menor que 10 piezas / μm^2 .

Aplicabilidad Industrial

El acero inoxidable ferrítico de esta realización es excelente en la resistencia al calor y, por lo tanto, el acero inoxidable ferrítico se puede utilizar como un elemento de paso de un gas de escape de una planta de generación de

energía además de un elemento del sistema de escape de un automóvil. Además, el acero inoxidable ferrítico de esta realización contiene Mo que es eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión, y por lo tanto el acero inoxidable ferrítico puede utilizarse para un uso en el cual sea necesaria la resistencia a la corrosión.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia al calor, que consta de, en términos de % en masa:
C: 0,02% o menos;
N: 0,02% o menos;
Si: más de 0,10% a 0,30% o menos;
10 Mn: 0,10% a 0,80%;
Cr: 15,0% a 21,0%;
Cu: 2,50% a 3,15%;
Nb: 0,30% a 0,80%;
Mo: 1,00% a 2,50%;
15 B: 0,0003% a 0,0030% y opcionalmente uno o más seleccionados de entre W: 2,0% o menos, Mg: 0,0050% o menos, Ni: 1,0% o menos, Co: 1,0% o menos y Ta: 0,50% o menos y/u opcionalmente uno o más seleccionados de entre Al: 1,0% o menos, V: 0,50% o menos, Sn: 0,5% o menos, Sb: 0,5% o menos, Ga: 0,1% o menos, Zr: 0,30% o menos y MTR (metal de tierras raras): 0,2% o menos,
20 con un resto de Fe e impurezas inevitables,
en el que el tamaño de partícula máximo de ϵ -Cu que está presente en una estructura es de 20 nm a 200 nm, en el que el tamaño máximo de partícula se calcula como un diámetro de círculo equivalente.
25 2. La chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia al calor de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende en términos de % en masa:
uno o más seleccionados de entre W: 2,0% o menos, Mg: 0,0050% o menos, Ni: 1,0% o menos, Co: 1,0% o menos y Ta: 0,50% o menos.
30 3. La chapa de acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia al calor de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende en términos de % en masa:
uno o más seleccionados de entre Al: 1,0% o menos, V: 0,50% o menos, Sn: 0,5% o menos, Sb: 0,5% o menos, Ga: 0,1% o menos, Zr: 0,30% o menos y MTR (metal de tierras raras): 0,2% o menos.
35 4. Un método de fabricación de la chapa de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, comprendiendo el método:
40 un proceso de recocido de una chapa laminada en frío, en el que la temperatura de recocido final de la chapa laminada en frío es de 1000° C a 1100° C,
una velocidad de enfriamiento promedio en un intervalo de temperatura desde el final de un recocido de acabado hasta 700° C que es de 20° C / segundo a 100° C / segundo, y
una velocidad de enfriamiento promedio en un intervalo de temperatura de 700° C a 500° C que es de 3° C / segundo a 20° C / segundo.

FIG. 1

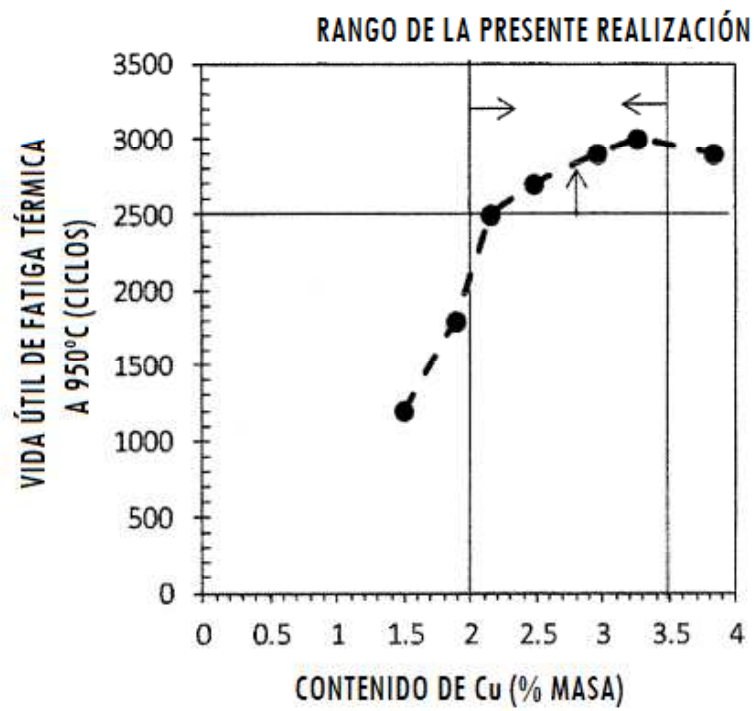


FIG. 2

