

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 627**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01)
C22C 38/46 (2006.01)
C22C 38/48 (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01)
C22C 38/54 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2007 E 07022210 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 1930461**

54 Título: **Acero inoxidable ferrítico para componentes del conducto de gases de escape de un automóvil y tubo de acero soldado**

30 Prioridad:

07.12.2006 JP 2006330252

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.03.2020

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL STAINLESS STEEL
CORPORATION (100.0%)
8-2 Marunouchi, 1-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-0005, JP**

72 Inventor/es:

**TOMITA, TAKEO y
OKU, MANABU**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 745 627 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

Acero inoxidable ferrítico para componentes del conducto de gases de escape de un automóvil y tubo de acero soldado

5

Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a un acero inoxidable ferrítico y su tubo soldado utilizado en los componentes del conducto de gases de escape de un automóvil, usualmente en el colector de escape, la caja de convertidor catalítico (carcasa cilíndrica), el tubo frontal y el tubo central, y a los componentes del conducto de gases de escape de un automóvil utilizando acero inoxidable ferrítico y a un tubo de acero soldado.

10

Los componentes del conducto de gases de escape de un automóvil, como el colector de escape, la caja de convertidor catalítico, el tubo frontal y el tubo central, deben ser excelentes en cuanto a resistencia a la oxidación a altas temperaturas y resistencia a altas temperaturas en la región de alta temperatura que excede los 700 °C. Como ejemplo de un material que tiene tal resistencia al calor, los documentos WO 03 004 714 A y JP 2006-117 985 A enseñan aceros inoxidables ferríticos añadidos con aproximadamente 1 a 2% en masa de Cu. El Cu en el acero se precipita como fase de Cu bajo calentamiento para mejorar la resistencia a altas temperaturas y la propiedad de fatiga térmica del acero.

15

La mayoría de los componentes del conducto de gases de escape de un automóvil mencionados anteriormente se producen conformando tubos de acero soldados. Debido al creciente número de unidades instaladas en el compartimiento del motor en los últimos años, la cantidad de espacio disponible para la instalación de componentes del conducto de gases de escape ha seguido disminuyendo. Esto ha llevado a que muchos componentes del conducto de gases de escape se fabriquen en formas complejas mediante un procesamiento especial. Por lo tanto, se requiere que los tubos de acero soldados utilizados en los componentes del conducto de gases de escape tengan una conformabilidad aún mejor que hasta ahora.

20

Con respecto a una técnica para mejorar la conformabilidad de tubos de acero soldados de acero inoxidable ferrítico, el documento JP 2005-264 269 A enseña que la adición de trazas de Al o Ti mejora la tenacidad y la capacidad de trabajo secundaria de la soldadura. Sin embargo, un estudio llevado a cabo por los inventores demostró que la adición de trazas de Al o Ti al acero inoxidable ferrítico mejorado en cuanto a resistencia a altas temperaturas mediante la inclusión de 1 a 2% de Cu, como se mencionó anteriormente, no asegura fácilmente la tenacidad suficiente de un tubo de acero producido por soldadura de alta frecuencia. Además, la dureza suficiente es aún más difícil de lograr en un componente como una caja de convertidor catalítico porque el componente se fabrica sometiendo un tubo de acero que ha sido soldado con TIG o soldado con láser a un trabajo de compresión muy severo (pensado o rotación). En otras palabras, se descubrió que un tubo de acero soldado fabricado a partir de un acero inoxidable ferrítico que contiene aproximadamente 1 a 2% de Cu no puede mejorarse adecuadamente en cuanto a tenacidad simplemente mediante la adición de trazas de Al o Ti, como se enseña en JP 2005-264 269 A.

30

35

40

Además, la tenacidad de soldadura de un tubo soldado por alta frecuencia se ve particularmente afectada fácilmente por las condiciones de fabricación del tubo determinadas por la cantidad de perturbación y la entrada de calor. En un acero inoxidable ferrítico que contiene 1 a 2% de Cu, la dificultad de asegurar consistentemente una buena tenacidad se vuelve aún mayor cuando las condiciones de fabricación del tubo se desvían de las condiciones óptimas.

45

Además, el documento EP 1 413 640 A se refiere a un acero inoxidable ferrítico que tiene una composición química, en % de masa: C: 0,03% o menos, Si: 1,0% o menos, Mn: 1,5% o menos, Ni: 0,6% o menos, Cr: 10 a 20%, Nb: 0,50% o menos, Cu: 0,8 a 2,0%, Al: 0,03% o menos, V: 0,03 a 0,20%, N: 0,03% o menos, siempre que se satisfaga que Nb sea mayor que o igual a 8(C+N), y el balance: Fe e impurezas inevitables. El contenido de Mo del acero inoxidable ferrítico como impureza se controla preferentemente a 0,10% en masa o menos, y Ti y B pueden estar contenidos opcionalmente en cantidades de 0,05 a 0,30 y de 0,0005 a 0,02% en masa, respectivamente. JP 2006 291 294 A se refiere a una lámina de acero inoxidable ferrítico que tiene una composición que comprende 0,15% en masa o menos de C, 2,0% en masa o menos de Si, 2,0% en masa o menos de Mn, 0,010% en masa o menos de S, 10-20% en masa de Cr, 2,0% en masa o menos de Ni, 0,03% en masa o menos de N y el balance de Fe con impurezas inevitables.

50

55

Sumario de la invención

60

Un objeto de la presente invención es proporcionar un acero inoxidable ferrítico para componentes del conducto de gases de escape de un automóvil que es un acero inoxidable ferrítico que contiene Cu y es excelente en cuanto a resistencia a la oxidación a altas temperaturas y resistencia a altas temperaturas que sobresale en cuanto a tenacidad de una soldadura formada durante la fabricación de tubos (en la presente memoria descriptiva, "soldadura" se define para incluir el metal soldado y el metal afectado por el calor circundante) y que ofrece una

65

amplia gama de libertad para seleccionar las condiciones adecuadas de fabricación de tubos, especialmente cuando se somete a fabricación de tubos por soldadura de alta frecuencia.

5 Un estudio en profundidad realizado por los inventores reveló que la buena tenacidad de la soldadura de acero inoxidable ferrítico mejorado en cuanto a resistencia a altas temperaturas mediante precipitación en fase Cu se puede lograr de manera efectiva agregando Ti y Al en combinación y definiendo aún más estrictamente el contenido de Al relativo al contenido de O (oxígeno) del acero, ampliando así el intervalo de condiciones adecuadas de fabricación de tubos en la fabricación de tubos por soldadura de alta frecuencia.

10 Específicamente, el objeto mencionado anteriormente se logra mediante un acero inoxidable ferrítico para componentes del conducto de gases de escape de un automóvil como se establece en la reivindicación 1. El acero comprende, en porcentaje en masa, C: no más de 0,03%, Si: 0,1% a 0,6, Mn: 0,1 a menos de 1,0%, Ni: no más de 0,6%, Cr: 10-20%, Nb: no más de 0,5%, Ti: 0,05-0,3%, Al: más de 0,03% a 0,12%, Cu: más del 1% al 2%, V: 0,01% al 0,2%, N: no más del 0,03%, B: 0,0005-0,02%, O: no más del 0,01%, uno o más de Mo, W, Zr y Co en un total de 0,5% a 4%, y el balance de Fe e impurezas inevitables, en el que la composición satisface las Expresiones (1) y (2):

$$\text{Nb} \geq 8(\text{C}+\text{N}) \quad \dots (1)$$

20 $0,02 \leq \text{Al} - (54/48) \text{O} \leq 0,1 \quad \dots (2).$

Cada símbolo de elemento en las Expresiones (1) y (2) se reemplaza por un valor que representa el contenido del elemento en porcentaje en masa.

25 Además, la presente invención proporciona componentes del conducto de gases de escape de un automóvil, usualmente en el colector de escape, convertidor catalítico, tubo frontal, tubo central y otro conducto de gases de escape utilizando el tubo de acero soldado fabricado del acero mencionado anteriormente.

30 La presente invención permite la actualización de un tubo de acero inoxidable ferrítico soldado que posee la resistencia al calor (resistencia a la oxidación a altas temperaturas y resistencia a altas temperaturas) requerida de los componentes del conducto de gases de escape de un automóvil y también presenta una excelente tenacidad de soldadura. Además, la presente invención proporciona una mayor libertad en cuanto a la selección de condiciones de fabricación de tubos adecuadas en el momento de fabricar el tubo soldado. Por lo tanto, incluso en el caso de la fabricación de tubos por soldadura de alta frecuencia a una velocidad de línea alta, por ejemplo, se puede fabricar de manera confiable tubos de acero de alta calidad con buena tenacidad de soldadura.

Breve explicación de los dibujos

40 La **Figura 1** es una microfotografía que muestra un ejemplo de flujo de metal observado en una sección transversal de soldadura de un tubo soldado por alta frecuencia.

La **Figura 2** es un gráfico que muestra cómo la tasa de condición adecuada de fabricación de tubos varía con el contenido efectivo de Al ($\text{Al} - (54/48) \text{O}$).

45 Descripción de la realización preferente

A continuación, se explicará la composición del acero inoxidable ferrítico.

50 El C y el N son generalmente efectivos para mejorar la resistencia a la fluencia y otras propiedades de resistencia a altas temperaturas, pero degradan la propiedad de resistencia a la oxidación, la capacidad de trabajo, la tenacidad a bajas temperaturas y la soldabilidad cuando están contenidos en exceso. En la presente invención, tanto C como N están limitados a un contenido de no más de 0,03% en masa.

55 El Si es efectivo para mejorar la resistencia a la oxidación a altas temperaturas. Además, se une con el oxígeno atmosférico durante la soldadura para ayudar a evitar que el oxígeno ingrese al acero. Sin embargo, cuando se contiene en exceso, aumenta la dureza y, por lo tanto, degrada la capacidad de trabajo y la tenacidad a bajas temperaturas. En la presente invención, el contenido de Si está limitado a 0,1-0,6% en masa.

60 El Mn mejora la resistencia a la oxidación a altas temperaturas, especialmente la resistencia al descascarillado. Al igual que el Si, también se une con el oxígeno atmosférico durante la soldadura para ayudar a evitar que el oxígeno ingrese al acero. Sin embargo, el Mn perjudica la capacidad de trabajo y la soldabilidad cuando se agrega en exceso. Además, el Mn es un elemento estabilizador de austenita que cuando se agrega en una gran cantidad facilita la generación de la fase de martensita y, por lo tanto, provoca una disminución de la capacidad de trabajo y otras propiedades. Por lo tanto, el contenido de Mn se define como 0,1% en masa a menos de 1% en masa.

65

El Ni es un elemento estabilizador de austenita. Al igual que el Mn, facilita la generación de la fase de martensita cuando se agrega en exceso y, por lo tanto, degrada la capacidad de trabajo y similares. Se permite un contenido de Ni de hasta 0,6% en masa.

5 El Cr estabiliza la fase de ferrita y contribuye a mejorar la resistencia a la oxidación, una propiedad importante de los aceros a altas temperaturas. Pero un contenido excesivo de Cr hace que el acero sea frágil y disminuye su resistencia a la oxidación. Por lo tanto, el contenido de Cr se define como 10-20% en masa. El contenido de Cr se optimiza preferentemente para la temperatura de uso del acero. Por ejemplo, cuando la temperatura hasta la cual se requiere una buena resistencia a la oxidación a altas temperaturas es de hasta 950 °C, el contenido de Cr es preferentemente 16% en masa o más, y cuando alcanza los 900 °C, es preferentemente 12-16% en masa.

15 El Nb es un elemento altamente eficaz para obtener una buena resistencia a altas temperaturas en la región de alta temperatura por encima de los 700 °C. Se cree que el fortalecimiento de la solución sólida logra una contribución importante en la composición de la presente invención. Además, el Nb tiene una acción de fijación de C y N que funciona de manera efectiva para evitar una disminución de la tenacidad. En la presente invención, la mejora efectiva de la resistencia a altas temperaturas por Nb se garantiza incorporando el elemento en una cantidad que satisfaga la Expresión (1):

$$\text{Nb} \geq 8(\text{C}+\text{N}) \quad \dots (1)$$

20 Sin embargo, la adición excesiva de Nb reduce la capacidad de trabajo y la tenacidad a bajas temperaturas, y aumenta la susceptibilidad al agrietamiento por soldadura en caliente. También reduce la tasa de condición adecuada de fabricación de tubos que se discute más adelante. Por lo tanto, el contenido de Nb se define como no más de 0,5% en masa.

25 El Ti fija el C y el N y, en general, se sabe que es efectivo para mejorar la conformabilidad y prevenir la reducción de la tenacidad. Sin embargo, la situación es diferente en una soldadura. La mayor parte del N se fija en forma de TiN pero bajo exposición a altas temperaturas durante la soldadura, el TiN se descompone y el N del mismo ingresa una vez en una solución sólida en la región de alta temperatura. Aunque el TiN se forma en la región de alta temperatura cerca del punto de solidificación del acero, la velocidad de enfriamiento muy rápida después de la soldadura hace que sea imposible fijar el N por Ti solo durante el período de enfriamiento posterior a la soldadura. Como resultado, el N tiende a estar presente en una solución sólida en la soldadura. Por lo tanto, como se explicará en detalle más adelante, la presente invención requiere la adición de Al en combinación con Ti. Para manifestar completamente el efecto de fijación de C y N del Ti, el contenido de Ti debe hacerse de 0,05% en masa o mayor. Pero la adición excesiva de Ti degrada la propiedad de la superficie al generar una gran cantidad de TiN y también tiene un efecto adverso sobre la soldabilidad y la tenacidad a bajas temperaturas. Por lo tanto, el contenido de Ti se define como 0,05-0,3% en masa.

40 El Al es un elemento comúnmente utilizado como desoxidante y para mejorar la resistencia a la oxidación a altas temperaturas. En la presente invención, sin embargo, es particularmente importante como elemento para fijar el N en las soldaduras. Como se señaló anteriormente, en la fase de enfriamiento después de la soldadura, es imposible fijar el N de manera adecuada en la soldadura solo con Ti. A diferencia de Ti, el Al forma un nitruro en la región de temperatura relativamente baja por debajo de los 1000 °C. La adición de Al junto con Ti, por lo tanto, permite fijar eficazmente el N en la soldadura durante el enfriamiento posterior a la soldadura, mitigando así la reducción de la tenacidad en la soldadura. Además, la fijación del N por Ti y Al mitiga el envejecimiento por deformación y mejora la capacidad de trabajo secundaria en la soldadura.

50 En la soldadura, el Al no solo fija el N presente en el acero sino que también actúa para evitar directamente la entrada de N y/u O (oxígeno) externo en el acero de la soldadura. Esto es significativo porque la atmósfera a la que está expuesto el metal fundido durante la fabricación de tubos (normalmente protegidos por N₂, Ar o similares) arrastra aire, y cuando la cantidad arrastrada es grande, N y O en la atmósfera tienden a ingresar en el acero desde la soldadura para reducir la tenacidad. Sin embargo, en un acero inoxidable ferrítico que tiene un contenido de Al apropiado, el Al en el acero actúa para evitar la entrada de N y O desde la atmósfera. Aunque el mecanismo involucrado no está del todo claro, por el hecho de que el análisis de la capa superficial de soldadura de un tubo de acero soldado fabricado del acero de la invención encontró concentración de Al, es probable que Al₂O₃ formado por Al en el acero durante la dispersión de bloques de soldadura N y O hacia el interior.

60 Se debe establecer un contenido de Al superior al 0,03% en masa para resaltar completamente este efecto de Al y, por lo tanto, ampliar el intervalo de libertad en la selección de condiciones de fabricación de tubos adecuadas en la fabricación de tubos por soldadura de alta frecuencia. Sin embargo, cuando el contenido de Al es excesivo, los óxidos se forman abundantemente durante la soldadura y funcionan de manera desventajosa como puntos de partida para el agrietamiento por deformación. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Al se define como 0,12% en masa.

65 El contenido de Al debe regularse adicionalmente en relación con el contenido de O (oxígeno) del acero para

satisfacer la Expresión (2)

$$0,02 \leq \text{Al} - (54/48) \text{O} \leq 0,1 \quad \dots (2).$$

5 Como se demuestra en los Ejemplos expuestos más adelante, la libertad de seleccionar condiciones adecuadas de fabricación de tubos en la fabricación de tubos por soldadura de alta frecuencia mejora notablemente en el intervalo del contenido de Al que satisface la Expresión (2). La cantidad de Al representada por "Al - (54/48) O" es el Al que permanece en la soldadura (en lo sucesivo denominado "Al efectivo") después de restar el Al consumido para formar Al_2O_3 por reacción con O presente en el acero. Se cree que cuando la cantidad de Al efectivo se eleva por encima de 0,02% en masa, el O contenido en la atmósfera durante la soldadura y el Al efectivo se unen rápidamente para bloquear efectivamente la dispersión de N y O presente en la atmósfera hacia el interior, mejorando notablemente la libertad de seleccionar las condiciones adecuadas de fabricación de tubos en la fabricación de tubos por soldadura de alta frecuencia. Sin embargo, cuando la cantidad de Al efectivo llega a superar el 0,1% en masa, la libertad de seleccionar condiciones adecuadas de fabricación de tubos disminuye drásticamente. La razón de esto es que probablemente se forman excesivos óxidos de Al en la soldadura y se convierten en puntos de partida para el agrietamiento por deformación.

20 El Cu es un elemento importante para mejorar la resistencia a altas temperaturas. Más específicamente, la presente invención utiliza la precipitación finamente dispersa de la fase Cu (a veces denominada fase ϵ -Cu) para mejorar la resistencia, particularmente a 500-700 °C. Por lo tanto, se requiere un contenido de Cu superior al 1% en masa. Sin embargo, dado que un contenido de Cu demasiado grande degrada la capacidad de trabajo, la tenacidad a bajas temperaturas y la soldabilidad, el contenido de Cu está limitado a no más del 2% en masa.

25 El V contribuye a mejorar la resistencia a altas temperaturas cuando se agrega en combinación con Nb y Cu. Y cuando está presente junto con Nb, V mejora la capacidad de trabajo, la tenacidad a bajas temperaturas, la resistencia a la susceptibilidad a la corrosión del límite de grano y la tenacidad de las regiones afectadas por el calor de la soldadura. Pero dado que la adición excesiva degrada la capacidad de trabajo y la tenacidad a bajas temperaturas, el contenido de V no se hace más de 0,2% en masa. El contenido de V es 0,01-0,2% en masa, preferentemente 0,03-0,15% en masa.

30 El B es eficaz para inhibir la fragilidad de trabajo secundaria. Se cree que el mecanismo involucrado es la reducción de oxígeno en solución sólida en los límites del grano y/o el fortalecimiento del límite del grano. Sin embargo, la adición excesiva de B degrada la productividad y la soldabilidad. En la presente invención, el contenido de B se define como 0,0005-0,02% en masa.

35 Dado que el O (oxígeno) afecta negativamente la tenacidad de la soldadura, la cantidad presente en el acero es preferentemente mínima. El contenido de O también se mantiene preferentemente lo más bajo posible para mantener el Al efectivo mencionado anteriormente en el nivel requerido. El contenido de O se debe mantener a 0,01% en masa o menos y también debe satisfacer la Expresión (2) en relación con el contenido de Al.

40 Mo, W, Zr y Co son efectivos para mejorar la resistencia a altas temperaturas del acero inoxidable ferrítico que tiene la composición definida por la presente invención. Se pueden agregar uno o más de los mismos según se requiera. Debido a su efecto de fragilización en el acero cuando se agregan en una gran cantidad, sin embargo, el contenido de estos elementos no se hace más del 4% en masa en total. La adición a un contenido total de 0,5-4% en masa proporciona un efecto óptimo.

50 El acero inoxidable ferrítico de la composición anterior se puede producir mediante el procedimiento de fusión usando un procedimiento de fabricación de acero para acero inoxidable ordinario y luego se puede formar en una lámina de acero recocido de aproximadamente 1-2,5 mm de espesor mediante, por ejemplo, un procedimiento de "laminación en caliente → recocido → decapado", que puede ser seguido por uno o más ciclos de un procedimiento de "laminación en frío → recocido → decapado". Sin embargo, para lograr una excelente resistencia a altas temperaturas mediante precipitación en fase Cu, la velocidad de enfriamiento promedio de 900 °C a 400 °C en el recocido final debe controlarse preferentemente a 10-30 °C/s. Por "recocido final" se entiende el último recocido realizado en la etapa de producción de la lámina de acero y es, por ejemplo, un tratamiento térmico para mantener el acero a una temperatura de 950-1100 °C durante un tiempo de permanencia de 0-3 minutos.

60 La lámina recocida (material de tubo) se enrolla en una forma de tubo prescrita y la junta a tope del material así formado se suelda para fabricar un tubo y así obtener un tubo de acero soldado. La soldadura puede realizarse mediante soldadura TIG, soldadura láser, soldadura de alta frecuencia o cualquiera de los diversos procedimientos conocidos de soldadura de tubos. El tubo de acero obtenido se somete a tratamiento térmico y/o decapado según sea necesario, y luego se transforma en un componente del conducto de gases de escape.

Ejemplos

65 Los aceros inoxidables ferríticos de la Tabla 1 se produjeron mediante el procedimiento de fusión y cada uno se

formó en dos láminas de acero recocido de diferente espesor, 2,0 mm y 1,5 mm, mediante el procedimiento de "laminación en caliente → recocido/decapado → laminación en frío → recocido final/decapado". El recocido final se realizó manteniendo a 1050 °C durante 1 minuto (permanencia) y luego enfriando a una velocidad de enfriamiento promedio de 900 °C a 400 °C de 10-30 °C/s.
 Los aceros No. 1 a 9 son Ejemplos de Referencia.

5

Tabla 1

No. de Acero	Composición Química (% en Masa)														[Nb] *1	[Al] *2
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Nb	Ti	Al	Cu	V	N	B	O	Otros		
1	0,003	0,26	0,32	0,11	17,84	0,49	0,15	0,041	1,41	0,07	0,006	0,0020	0,0036	-	0,42	0,037
2	0,006	0,35	0,16	0,10	16,99	0,35	0,14	0,105	1,36	0,15	0,004	0,0005	0,0058	-	0,27	0,098
3	0,009	0,58	0,49	0,11	13,25	0,35	0,10	0,045	1,50	0,16	0,005	0,0011	0,0019	-	0,24	0,043
4	0,011	0,85	0,66	0,10	13,88	0,46	0,05	0,035	1,09	0,03	0,010	0,0030	0,0022	-	0,29	0,033
5	0,008	0,12	0,39	0,10	18,06	0,20	0,25	0,088	1,33	0,05	0,009	0,0022	0,0009	-	0,06	0,087
6	0,005	0,22	0,78	0,58	17,55	0,31	0,11	0,056	1,94	0,04	0,008	0,0012	0,0020	-	0,21	0,054
7	0,006	0,46	0,55	0,06	14,06	0,48	0,29	0,031	1,21	0,03	0,006	0,0026	0,0087	-	0,38	0,021
8	0,007	0,29	0,28	0,10	10,08	0,47	0,16	0,066	1,16	0,05	0,011	0,0005	0,0022	-	0,33	0,064
9	0,010	0,36	0,26	0,17	18,99	0,46	0,08	0,042	1,26	0,06	0,008	0,0016	0,0011	-	0,32	0,041
10	0,008	0,15	0,22	0,12	17,06	0,29	0,14	0,044	1,44	0,08	0,009	0,0015	0,0026	Mo:2,26	0,15	0,041
11	0,006	0,14	0,19	0,09	18,12	0,21	0,12	0,038	1,26	0,06	0,008	0,0021	0,0029	W:3,17	0,10	0,035
12	0,007	0,19	0,23	0,13	18,21	0,32	0,16	0,031	1,35	0,07	0,009	0,0019	0,0020	Co:3,75	0,19	0,029
13	0,006	0,18	0,25	0,11	18,35	0,31	0,15	0,033	1,28	0,04	0,006	0,0017	0,0021	Zr:1,49	0,21	0,031
14	0,006	0,57	0,22	0,10	11,22	0,29	0,10	0,040	1,44	0,05	0,007	0,0005	0,0031	Mo:1,88, W:2,08	0,19	0,037
21	0,008	0,26	0,22	0,10	17,05	0,42	0,15	0,006	1,38	0,04	0,009	0,0005	0,0015		0,28	0,004
22	0,010	0,31	0,51	0,12	18,39	0,31	0,12	0,015	1,56	0,09	0,012	0,0039	0,0014		0,13	0,013
23	0,007	0,54	0,61	0,09	16,44	0,41	0,21	0,188	1,24	0,06	0,016	0,0041	0,0007		0,23	0,187
24	0,009	0,35	0,16	0,10	16,95	0,38	0,10	0,125	1,05	0,05	0,010	0,0010	0,0059		0,23	0,118
25	0,008	0,25	0,32	0,14	17,88	0,54	0,14	0,068	0,75	0,07	0,012	0,0008	0,0021		0,38	0,066
26	0,013	0,22	0,38	0,13	16,87	0,37	0,36	0,054	1,44	0,03	0,009	0,0012	0,0028		0,19	0,051
27	0,010	0,11	0,44	0,13	16,88	0,50	0,25	0,040	1,45	0,06	0,009	0,0025	0,0159		0,35	0,022
28	0,009	0,26	0,22	0,15	15,57	0,68	0,13	0,081	1,35	0,05	0,011	0,0014	0,0041		0,52	0,076
29	0,012	0,33	0,24	0,10	14,88	0,45	0,29	0,025	1,14	0,05	0,011	0,0015	0,0022		0,27	0,023

*1: [Nb]=Nb-8(C+N), *2: [Al]=Al-(54/48)O, Subrayado: Fuera del intervalo de la invención

Ejemplo 1: Fabricación de tubos por soldadura de alta frecuencia

La fabricación de tubos por soldadura de alta frecuencia se llevó a cabo en diversas condiciones utilizando materiales de lámina de acero de 2,0 mm. Los tubos de acero soldados fabricadas tenían un diámetro exterior de 38,1 mm y un espesor de pared de 2,0 mm.

<Tasa de condición adecuada de fabricación de tubos>

Las "tasas de condición adecuada de fabricación de tubos (%)" de los tubos de acero obtenidos se determinaron mediante el siguiente procedimiento.

En la fabricación de tubos por soldadura de alta frecuencia, la cantidad alterada y las condiciones de entrada de calor, que dieron como resultado un ángulo de flujo de metal de 45°, se definieron como las "condiciones óptimas" para el tipo de acero en cuestión. En la estructura grabada de la sección transversal de la soldadura, en la que se muestra una curva de flujo de metal como la mostrada en la Figura 1(a), aparece el ángulo entre una línea dibujada para quedar 1/4 del espesor de la pared hacia adentro desde la superficie exterior del tubo de acero (llamada "línea de referencia") y la curva de flujo de metal se define como θ (véase la Figura 1(b)) y el valor máximo de θ en el tubo de acero se define como el ángulo de flujo de metal del tubo de acero. En otras palabras, el ángulo de flujo de metal se mide seleccionando entre las diversas curvas de flujo de metal la curva de flujo de metal que forma el ángulo más grande θ con la línea de referencia. Por "cantidad de perturbación" se entiende la cantidad de unión de los bordes de la lámina durante la soldadura del tubo. Como término de soldadura, es sinónimo de "fuerza de perturbación". Por "entrada de calor" se entiende la potencia eléctrica de la soldadura de alta frecuencia (= corriente x voltaje).

La fabricación de tubos por soldadura de alta frecuencia se llevó a cabo utilizando cada tipo de lámina de acero en 15 conjuntos de condiciones de soldadura variando la "cantidad de perturbación" entre 3 niveles (-30%, 0%, +30%) y "entrada de calor" entre 5 niveles (-40%, -20%, 0%, +20%, +40%), en los que los dos valores de 0% representan las "condiciones óptimas" anteriores como estándar. Se cortó un tubo de aproximadamente 1000 mm de longitud del tubo de acero obtenido en cada conjunto de condiciones de soldadura, se sumergió durante 15 minutos en un tanque de agua a 5 °C y luego se sometió inmediatamente a una prueba de aplanamiento de conformidad con JIS G3459, en la que la soldadura se colocó en ángulo recto con respecto a la dirección de compresión mediante placas planas y la distancia H entre las placas después de la compresión fue de 1/3 del diámetro exterior del tubo antes de la compresión. El porcentaje del total de 15 conjuntos de condiciones para las cuales no se observó fragilidad se calculó y definió como la "tasa de condición adecuada de fabricación de tubos (%)" del acero en cuestión.

Un tipo de acero cuya tasa de condición adecuada de fabricación de tubos calculada de esta manera fue del 60% o mayor se calificó como una tasa que permite la fabricación confiable de tubo de acero soldado por alta frecuencia que posee la excelente tenacidad de soldadura requerida por los componentes del conducto de gases de escape de un automóvil independientemente de la estación del año (temperatura).

<Temperatura de transición de la soldadura>

Una muestra de prueba que incluye la soldadura se cortó del tubo de acero soldado por alta frecuencia fabricado a partir de cada tipo de acero en las "condiciones óptimas". La temperatura de transición de la muestra se determinó realizando una prueba de impacto con la muestra colocada en un probador de impacto Charpy para que el martillo golpeará la soldadura. Un acero cuya temperatura de transición de la soldadura fue 0 °C o inferior se calificó como "bueno".

Ejemplo 2: Fabricación de tubos por soldadura láser

La fabricación de tubos por soldadura láser se realizó utilizando los materiales de lámina de acero de 1,5 mm. Los tubos de acero soldados fabricadas tenían un diámetro exterior de 65 mm y un espesor de pared de 1,5 mm. Las condiciones de soldadura fueron tales que el ancho del cordón posterior de la soldadura fue casi igual al espesor de la pared (en el intervalo de 1,5-2,0 mm).

<Temperatura de transición de la soldadura>

Se cortó una muestra de prueba que incluye la soldadura de cada tubo de acero soldado y se determinó la temperatura de transición realizando una prueba de impacto mediante el procedimiento explicado anteriormente. Un acero cuya temperatura de transición de la soldadura fue 0 °C o inferior se calificó como "bueno".

Ejemplo 3: Medición de resistencia a altas temperaturas

Los materiales de lámina de acero de 2,0 mm fabricados a partir de los aceros de la Tabla 1 se sometieron a

pruebas de tracción a altas temperaturas. Un límite de elasticidad del 0,2% a 900 °C de 17 MPa o mayor fue calificado como G (bueno) y uno de menos de 17 MPa fue calificado como P (pobre).

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2, mientras que la Figura 2 muestra cómo la tasa de condición adecuada de fabricación de tubos varió con el contenido efectivo de Al (Al - (54/48) O) en los aceros de la invención y los aceros comparativos Nos. 21-24.

Tabla 2

	No. de Acero	Fabricación de tubos por alta frecuencia		Fabricación de tubos por láser	Resistencia a altas temperaturas
		Tasa de condición adecuada de fabricación de tubos	Temperatura de transición de la soldadura	Temperatura de transición de la soldadura	
		(%)	(°C)	(°C)	
Aceros de la invención	1	87	0	0	G
	2	67	-25	-25	G
	3	87	-25	-25	G
	4	80	0	-25	G
	5	60	-25	-25	G
	6	80	-25	-25	G
	7	67	0	0	G
	8	67	0	-25	G
	9	73	0	0	G
	10	87	0	0	G
	11	80	0	0	G
	12	73	0	0	G
	13	80	0	0	G
	14	87	0	0	G
Aceros Comparativos	21	<u>27</u>	<u>25</u>	<u>25</u>	G
	22	<u>47</u>	<u>25</u>	<u>25</u>	G
	23	<u>13</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	G
	24	<u>27</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	G
	25	87	0	-25	P
	26	80	<u>25</u>	<u>50</u>	G
	27	<u>47</u>	<u>25</u>	<u>50</u>	G
	28	67	0	0	G
29	<u>40</u>	<u>25</u>	<u>25</u>	G	

Subrayado: Inaceptable

Como se puede apreciar en la Tabla 2, los aceros inoxidables ferríticos cuyas composiciones estaban dentro del intervalo definido por la presente invención (Aceros Nos. 10 a 14) exhibieron tasas de condición de fabricación de tubos adecuadas de 60% o más en fabricación de tubos por soldadura de alta frecuencia. Éstos fueron excelentes en cuanto a la temperatura de transición y la resistencia a altas temperaturas de las soldaduras, lo que confirma su idoneidad para el uso en componentes del conducto de gases de escape que experimentan un trabajo duro durante la fabricación. Vale la pena mencionar que la libertad en la selección de condiciones adecuadas de fabricación de tubos se mejoró notablemente al optimizar la relación entre el contenido de Al y el contenido de O (oxígeno) para satisfacer la Expresión (2) (véase la Figura 2).

ES 2 745 627 T3

Por el contrario, los aceros comparativos Nos. 21 y 22 tenían un bajo contenido de Al, de modo que no se pudo lograr un contenido de Al efectivo adecuado como se define en la Expresión (2). Se cree que esto ha hecho que sea imposible evitar completamente la entrada de N y O desde el aire durante la soldadura, lo que lleva a una tasa de condición adecuada de fabricación de tubos inferior y a la tenacidad a bajas temperaturas de la soldadura. Por el contrario, el contenido de Al de los aceros comparativos Nos. 23 y 24 era demasiado alto, lo que causaba que los óxidos de Al se formaran abundantemente en la soldadura. Se cree que esto explica la baja tenacidad. El Acero No. 25 era pobre en cuanto a resistencia a altas temperaturas debido a un contenido demasiado bajo de Nb y Cu. El Acero No. 26 era pobre en cuanto a tenacidad a bajas temperaturas debido al contenido excesivo de Ti. Debido al contenido excesivo de O (oxígeno) del acero, el Acero No. 27 experimentó disminuciones tanto en la tenacidad a bajas temperaturas de la soldadura como en la tasa de condición adecuada para la fabricación de tubos, aunque satisfizo la Expresión (2). La tasa de condición adecuada de fabricación de tubos del Acero N° 28 fue baja debido al contenido excesivo de Nb. Aunque el Acero No. 29 satisfizo la Expresión (2), su contenido excesivo de Al lo hizo inferior a los aceros de la invención en una tasa de condición adecuada de fabricación de tubos y tenacidad a bajas temperaturas de la soldadura.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un acero inoxidable ferrítico para componentes del conducto de gases de escape de un automóvil que comprende, en porcentaje en masa:

5

C: no más de 0,03%,
 Si: 0,1% a 0,6%,
 Mn: 0,1% a menos de 1,0%,
 Ni: no más del 0,6%,
 Cr: 10-20%,
 Nb: no más del 0,5%,
 Ti: 0,05-0,3%,
 Al: más de 0,03% a 0,12%,
 Cu: más de 1% a 2%,
 V: 0,01% a 0,2%,
 N: no más de 0,03%,
 B: 0,0005-0,02%,
 O: no más de 0,01%,
 uno o más de Mo, W, Zr y Co en un total de 0,5% a 4%, y el balance de Fe e impurezas inevitables, en el que la composición satisface las Expresiones (1) y (2):

10

15

20

$$\text{Nb} \geq 8(\text{C}+\text{N}) \quad \dots (1)$$

$$0,02 \leq \text{Al} - (54/48) \text{O} \leq 0,1 \quad \dots (2).$$

25

2. Un tubo de acero soldado fabricado de un acero de la reivindicación 1.
3. Un componente del conducto de gases de escape de un automóvil fabricado formando un tubo de acero soldado fabricado de un acero de la reivindicación 1.
4. Un componente del conducto de gases de escape de un automóvil de acuerdo con la reivindicación 3 que es un colector de escape, una caja de convertidor catalítico, un tubo frontal o un tubo central.

30

35

40

45

50

55

60

65

Figura 1

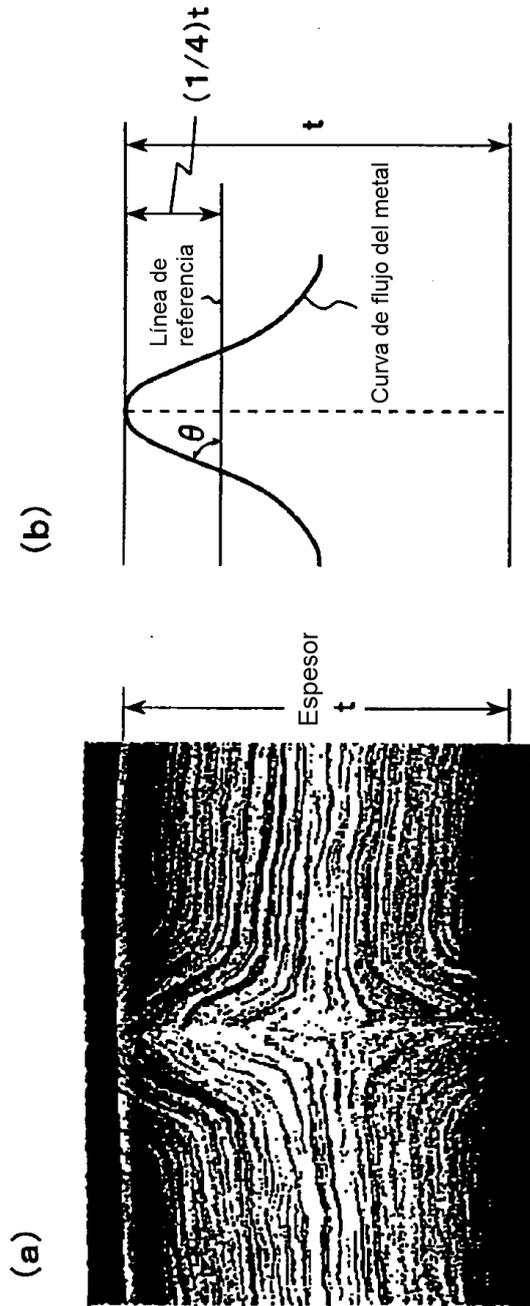


Figura 2

