

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 836 688**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/00</b>	(2006.01) <b>C22C 38/20</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/10</b>	(2006.01) <b>C22C 38/22</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/08</b>	(2006.01) <b>C22C 38/24</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/50</b>	(2006.01) <b>C22C 38/26</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/38</b>	(2006.01) <b>C22C 38/28</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/58</b>	(2006.01) <b>C22C 38/42</b>	(2006.01)
<b>B21C 37/08</b>	(2006.01) <b>C22C 38/50</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01) <b>C22C 38/54</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)	
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.08.2016 PCT/JP2016/003880**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.04.2017 WO17056384**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2016 E 16850567 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.11.2020 EP 3358028**

54 Título: **Tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para estabilizador hueco de alta resistencia, método para fabricar un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para estabilizador hueco de alta resistencia, estabilizador hueco de alta resistencia, y método para fabricar un estabilizador hueco de alta resistencia**

30 Prioridad:

**29.09.2015 JP 2015191003**

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

**28.06.2021**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ARATANI, MASATOSHI;  
IWAZAKI, KENICHI;  
KOKUBO, SHINSAKU y  
HASHIMOTO, YUJI**

74 Agente/Representante:

**MILTENYI , Peter**

ES 2 836 688 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

5 Tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para estabilizador hueco de alta resistencia, método para fabricar un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para estabilizador hueco de alta resistencia, estabilizador hueco de alta resistencia, y método para fabricar un estabilizador hueco de alta resistencia

**Campo técnico**

10 La presente invención se refiere a un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica que puede usarse de forma adecuada para un estabilizar de un automóvil y, en particular, se refiere a un aumento en la resistencia a la fatiga por corrosión de un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia. Además, la presente invención se refiere a un método para fabricar un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia, y a un estabilizador hueco de alta resistencia y un método para fabricar un estabilizador hueco de alta resistencia.

15 **Técnica anterior**

20 Convencionalmente, casi todos los automóviles están equipados con un estabilizador con el fin de disminuir el grado de rodamiento de la carrocería de un automóvil en el momento de virar y con el fin de mantener la estabilidad de conducción en el momento de conducir a alta velocidad. Hoy en día, en general se usa un estabilizador hueco compuesto por un tubo de acero con el fin de reducir el peso de la carrocería de un automóvil. Un estabilizador hueco de este tipo se fabrica normalmente usando un tubo de acero sin costura o un tubo de acero soldado con costura por resistencia eléctrica (en lo sucesivo en el presente documento, también denominado como "tubo de acero soldado por resistencia eléctrica") como un material, realizando un trabajo en frío en el material con el fin de lograr una forma deseada, y realizando un refinamiento térmico tal como temple o temple y revenido en el material conformado. En particular, un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica que es comparativamente económico y excelente en términos de precisión dimensional, es de uso generalizado como un material para un estabilizador hueco.

30 Por ejemplo, la Bibliografía de patente 1 describe un método para fabricar un estabilizador hueco que tiene una excelente resistencia a la fatiga. En la técnica descrita en la Bibliografía de patente 1, un estabilizador hueco se fabrica mediante la realización de forma secuencial de un proceso de conformación, en el que un tubo de acero soldado que tiene una composición química que contiene, en % en masa, C: 0,2 % a 0,38 %, Si: 0,35 % o menos, Mn: 0,3 % a 1,5 %, Al: 0,1 % o menos, Ti: 0,005 % a 0,1 %, y B: 0,0005 % a 0,005 % se somete a calentamiento hasta una temperatura preferentemente de 800 °C a 1000 °C, se somete a laminación de reducción de diámetro a una temperatura de laminación de 600 °C a 850 °C con una relación de reducción de diámetro acumulada de 40 % o más, y se somete además a un trabajo de doblado en frío con el fin de lograr la forma de un estabilizador, y a un proceso de tratamiento térmico, en el que se realizan un tratamiento de temple y un tratamiento de revenido. La Bibliografía de patente 1 establece que, de acuerdo con la técnica descrita en la Bibliografía de patente 1, es posible aumentar la resistencia a la fatiga usando un método económico.

45 Además, la Bibliografía de patente 2 describe un tubo de acero para un estabilizador hueco de alta resistencia. El tubo de acero descrito en la Bibliografía de patente 2 es un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia excelente en términos de equilibrio de resistencia-tenacidad después de someterse a un tratamiento de temple o un tratamiento de temple y revenido, teniendo el tubo de acero una composición química que contiene, en % en masa, C: 0,20 % a 0,38 %, Si: 0,10 % a 0,50 %, Mn: 0,30 % a 2,00 %, Al: 0,01 % a 0,10 %, W: 0,01 % a 1,50 %, B: 0,0005 % a 0,0050 %, Ti: 0,001 % a 0,04 %, y N: 0,0010 % a 0,0100 %, en la que se satisface la relación  $N/14 < Ti/47,9$ . La Bibliografía de patente 2 establece que, de acuerdo con la técnica descrita en la Bibliografía de patente 2, es fácil fabricar un estabilizador hueco que tenga una alta dureza de más de 400 HV y un excelente equilibrio de resistencia-tenacidad, que no se ha obtenido convencionalmente.

50 Además, la Bibliografía de patente 3 describe un método para fabricar un tubo de acero soldado con costura por resistencia eléctrica a usar después de un tratamiento térmico excelente en términos de capacidad de aplanado, incluyendo el método usar acero que tenga una composición química que contiene, en % en masa, C: 0,15 % a 0,40 %, Si: 0,05 % a 0,50 %, Mn: 0,30 % a 2,00 %, Al: 0,01 % a 0,10 %, Ti: 0,001 % a 0,04 %, B: 0,0005 % a 0,0050 %, y N: 0,0010 % a 0,0100 %, en la que el Ti y el N satisfacen la relación  $(N/14) < (Ti/47,9)$ , como un material para un tubo de acero, formando el material para un tubo de acero en un tubo abierto que tiene una forma aproximadamente cilíndrica, realizando una soldadura de resistencia de alta frecuencia permitiendo que los bordes del tubo abierto se junten a tope unos contra otros y controlándose una entrada de calor de tal manera que la anchura de unión sea de 30  $\mu\text{m}$  a 65  $\mu\text{m}$  con el fin de obtener un tubo de acero soldado con costura por resistencia eléctrica, calentando el tubo de acero soldado con costura por resistencia eléctrica hasta una temperatura igual a o superior a la temperatura de transformación  $A_{c3}$ , y realizando una laminación de reducción de diámetro con una relación de reducción por laminación en términos de diámetro exterior igual a o mayor que  $(1 - 25/(\text{anchura de unión } (\mu\text{m})) \times 100 (\%))$  con el fin de reducir la anchura de unión hasta 25  $\mu\text{m}$  o menos. La Bibliografía de patente 3 establece que el tubo de acero soldado con costura por resistencia eléctrica fabricado mediante el uso del método de fabricación descrito en la Bibliografía de patente 3 puede usarse de forma

adecuada para aplicaciones tales como un estabilizador hueco, en el que el tubo de acero se somete a un tratamiento de temple. La Bibliografía de patente 3 establece que, ya que la anchura de capa descarbonada de la zona de soldadura de resistencia eléctrica del tubo de acero soldado con costura por resistencia eléctrica descrito en la Bibliografía de patente 3 es pequeña, es posible inhibir una disminución en la dureza de la zona de soldadura de resistencia eléctrica templada incluso si se realiza un tratamiento de temple mediante el uso de un método de calentamiento rápido a corto plazo, lo que resulta en que se obtenga un estabilizador hueco excelente en términos de durabilidad.

Además, la Bibliografía de patente 4 describe un tubo de acero soldado con costura por resistencia eléctrica a usar después de un tratamiento térmico excelente en términos de capacidad de aplanado, teniendo el tubo de acero una composición química que contiene, en % en masa, C: 0,15 % a 0,40 %, Si: 0,05 % a 0,50 %, Mn: 0,30 % a 2,00 %, Al: 0,01 % a 0,10 %, Ti: 0,001 % a 0,04 %, B: 0,0005 % a 0,0050 %, y N: 0,0010 % a 0,0100 %, en el que el Ti y el N satisfacen la relación  $(N/14) < (Ti/47,9)$ , y una zona de soldadura de resistencia eléctrica tiene una anchura de unión de 25  $\mu\text{m}$  o menos. La Bibliografía de patente 4 establece que el tubo de acero soldado con costura por resistencia eléctrica descrito en la Bibliografía de patente 4 puede usarse de forma adecuada para aplicaciones tales como un estabilizador hueco que se somete a un tratamiento de temple. La Bibliografía de patente 4 establece que, ya que la anchura de capa descarbonada de una zona de soldadura de resistencia eléctrica del tubo de acero soldado con costura por resistencia eléctrica descrito en la Bibliografía de patente 4 es pequeña, es posible inhibir una disminución en la dureza de la zona de soldadura de resistencia eléctrica templada incluso si se realiza un tratamiento de temple mediante el uso de un método de calentamiento rápido a corto plazo, lo que resulta en que se obtenga un estabilizador hueco excelente en términos de durabilidad.

El documento EP 2857537 A1 describe un estabilizador hueco que tiene una propiedad de fatiga y alta resistencia excelentes.

## Listado de Citas

### Bibliografía de patente

PTL 1: Publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar N.º 2005-076047  
 PTL 2: Publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar N.º 2006-206999  
 PTL 3: Publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar N.º 2008-208417  
 PTL 4: Publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar N.º 2013-147751

## Sumario de la invención

### Problema Técnico

Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con las técnicas descritas en la Bibliografía de patente 1 a la Bibliografía de patente 4, es posible lograr una alta resistencia (alta dureza) y aumentar la resistencia a la fatiga que se requiere para el estabilizador de un automóvil.

Sin embargo, específicamente para el propósito de deshelar carreteras en invierno en áreas frías, un agente de deshielo que contiene un cloruro tal como NaCl o  $\text{CaCl}_2$  se pulveriza sobre la superficie de una carretera con el fin de evitar accidentes tal como un accidente por patinar. Por lo tanto, el agua (tal como la nieve o el hielo) que contiene iones cloruro se adhiere a la parte inferior (suspensión) de una carrocería de un automóvil, lo que da como resultado en que se proporcione un entorno corrosivo. Por lo tanto, hoy en día, también se requiere que el estabilizador de un automóvil tenga una excelente resistencia a la fatiga en un entorno corrosivo, es decir, una resistencia a la fatiga por corrosión.

Sin embargo, aunque es posible aumentar la resistencia a la fatiga en el aire atmosférico mediante el uso de las técnicas descritas en la Bibliografía de patente 1 a la Bibliografía de patente 4, no existe ninguna mención en la Bibliografía de patente 1 a la Bibliografía de patente 4 de la resistencia a la fatiga en un entorno corrosivo. Existe el problema de que no es posible esperar un aumento marcado en la resistencia a la fatiga por corrosión de un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia mediante el uso de las técnicas descritas en la Bibliografía de patente 1 a la Bibliografía de patente 4.

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar, mediante la resolución de los problemas de la técnica relacionada que se han descrito anteriormente, un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia excelente en términos de resistencia a la fatiga por corrosión y un método para fabricar el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia, y un estabilizador hueco de alta resistencia y un método para fabricar el estabilizador hueco de alta resistencia. En el presente documento, la expresión "alta resistencia" indica tener la dureza promedio de 400 HV o más, o preferentemente 450 HV o más en términos de dureza Vickers en la dirección del espesor de pared cuando se somete a una conformación en frío seguida de un tratamiento de temple y revenido. En el presente documento, en el caso donde la dureza promedio en la dirección del espesor de pared es de 550 HV o más, existe una disminución

significativa en la tenacidad, y por lo tanto el límite superior de la dureza promedio se establece en menos de 550 HV.

Además, la expresión "excelente en términos de resistencia a la fatiga por corrosión" en el presente documento indica un caso donde el número de ciclos antes de que se produzca un agrietamiento es de  $5,0 \times 10^5$  o más cuando se realiza un ensayo de fatiga (esfuerzo invertido) en una solución acuosa de NaCl al 5 % con un esfuerzo de carga de  $\pm 400$  MPa después de someterse a conformación en frío seguida de un tratamiento de temple y revenido.

### Solución al Problema

Los presentes inventores, con el fin de lograr el objeto descrito anteriormente, llevaron a cabo investigaciones con respecto a diversos factores que tienen efectos sobre la resistencia a la fatiga por corrosión de un estabilizador hueco de alta resistencia.

Como resultado, se encontró que la fatiga por corrosión provoca la fractura final a través de una etapa (a) en la que se forma y crece una picadura de corrosión, una etapa (b) en la que la generación de una grieta por fatiga comienza en la picadura de corrosión, y una etapa (c) en la que se propaga la grieta por fatiga. A continuación, en particular, los presentes inventores encontraron que no es posible aumentar de forma notable la resistencia a la fatiga por corrosión de un estabilizador hueco de alta resistencia hasta que se combina un método para inhibir el progreso de la etapa (a) y un método para inhibir el progreso de la etapa (c).

Además, a partir de los resultados de las investigaciones adicionales, los presentes inventores encontraron que las partículas de MnS que tienen un tamaño de partícula de  $10 \mu\text{m}$  o más y las partículas de TiS que tienen un tamaño de partícula de  $10 \mu\text{m}$  o más tienen un gran efecto sobre la generación de una grieta por fatiga como resultado de convertirse en los puntos de partida en los que se forman las picaduras de corrosión. En el presente documento, la expresión "tamaño de partícula" indica el diámetro más grande de cada partícula. Además, los presentes inventores encontraron que es posible inhibir la generación de una grieta por fatiga que comienza en una picadura de corrosión mediante la adición de Ca y, opcionalmente, REM con el fin de controlar las cantidades de las partículas de MnS que tienen un tamaño de partícula de  $10 \mu\text{m}$  o más y las partículas de TiS que tienen un tamaño de partícula de  $10 \mu\text{m}$  o más, convirtiéndose ambas en los puntos de partida en los que se forman las picaduras de corrosión, para que sean de 0,1 % o menos en términos de pureza determinada mediante el uso de un método de recuento de puntos de acuerdo con JIS G 0555.

Además, ya que la fragilización por hidrógeno tiene un gran efecto sobre la "etapa (c) en la que se propaga la grieta por fatiga" en un fenómeno de fatiga por corrosión en un entorno corrosivo, los presentes inventores pensaron que era necesario disminuir el efecto de la fragilización por hidrógeno tanto como fuera posible mediante la disminución del tamaño de grano de los granos de austenita anteriores. A partir de los resultados de investigaciones adicionales llevadas a cabo por los presentes inventores, se encontró que el efecto de la fragilización por hidrógeno sobre la resistencia a la fatiga por corrosión se elimina sustancialmente en el caso donde el tamaño de grano promedio de los granos de austenita anteriores se controla para que sea de  $50 \mu\text{m}$  o menos utilizando carburos de Ti finos.

Además, los presentes inventores se dieron cuenta de que no solamente la disminución del tamaño de grano de los granos de cristal sino también el endurecimiento de los límites de grano de los granos de  $\gamma$  previa son importantes para aumentar la resistencia a la fatiga por corrosión mediante la inhibición del progreso de la "etapa (c) en la que se propaga la grieta por fatiga" en un fenómeno de fatiga por corrosión. De esta manera, los presentes inventores concibieron la adición de una pequeña cantidad de B con el fin de endurecer los límites de grano de los granos de  $\gamma$  previa. Los inventores encontraron que es posible inhibir la segregación de P en los límites de grano de los granos de  $\gamma$  previa mediante la adición de una pequeña cantidad de B y existe un aumento en la resistencia de límite de grano, lo que da como resultado en que se inhiba la propagación de una grieta por fatiga.

La presente invención se ha completado sobre la base de los resultados descritos anteriormente y las investigaciones adicionales. Es decir, el objeto de la presente invención se define en las reivindicaciones.

### Efectos Ventajosos de la Invención

De acuerdo con la presente invención, es posible fabricar fácilmente un estabilizador hueco de alta resistencia que tenga una dureza de 400 HV o más y una excelente resistencia a la fatiga por corrosión, para proporcionar un efecto notable en la industria. La presente invención también proporciona un efecto de prevención de la disminución en la resistencia a la fatiga por corrosión incluso si la resistencia se aumenta más y la dureza se aumenta aún más hasta el valor de 450 HV o más, para contribuir a una reducción adicional en el espesor de pared de un estabilizador.

### Descripción de las realizaciones

El tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia de acuerdo con la presente invención es un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica que se fabrica mediante la realización de un proceso de fabricación de tubos soldados por resistencia eléctrica en el que una lámina de acero, preferentemente,

una lámina de acero laminada en caliente, se conforma en un tubo abierto que tiene una forma aproximadamente cilíndrica al realizar una conformación en frío y se somete a una soldadura de resistencia eléctrica con los bordes en la dirección de la anchura del tubo abierto para juntarse a tope unos contra otros y obtener un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica como un material, al recalentar además el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica como un material, y al realizar la laminación de reducción de diámetro en caliente.

El tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia de acuerdo con la presente invención tiene una composición química como se especifica en la reivindicación 1.

En primer lugar, se describirán las razones de las limitaciones en la composición química del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia de acuerdo con la presente invención. En lo sucesivo en el presente documento, "% en masa" se denomina simplemente como "%", a menos que se indique lo contrario.

C: 0,20 % a 0,40 %

El C es un elemento quírico que tiene una función de aumentar la resistencia (dureza) del acero al promover la formación de martensita a través del aumento de la endurecibilidad y al formar una solución sólida y que es por lo tanto importante para aumentar la resistencia de un estabilizador hueco. En la presente invención, es necesario que el contenido de C sea de 0,20 % o más con el fin de lograr una dureza de 400 HV o más en términos de dureza Vickers después de un tratamiento de temple y revenido. Por otra parte, en el caso donde el contenido de C es de más de 0,40 %, existe una disminución en la tenacidad después de un tratamiento de temple. Por lo tanto, el contenido de C se limita para que esté en el intervalo de 0,20 % a 0,40 %. En este caso, es preferible que el contenido de C sea de 0,22 % o más. Es preferible que el contenido de C sea de 0,39 % o menos.

Si: 0,1 % a 1,0 %

El Si funciona como un agente desoxidante y un elemento quírico de endurecimiento por solución sólida. Es necesario que el contenido de Si sea de 0,1 % o más con el fin de obtener tales efectos. Por otra parte, en el caso donde el contenido de Si es de más de 1,0 %, existe una disminución en la capacidad de soldadura de resistencia eléctrica. Por lo tanto, el contenido de Si se limita para que esté en el intervalo de 0,1 % a 1,0 %. En este caso, es preferible que el contenido de Si sea de 0,1 % o más. Es preferible que el contenido de Si sea de 0,5 % o menos.

Mn: 0,1 % a 2,0 %

El Mn es un elemento químico que contribuye al aumento de la resistencia del acero al formar una solución sólida y que aumente la endurecibilidad del acero, y es necesario que el contenido de Mn sea de 0,1 % o más con el fin de lograr la alta resistencia deseada (alta dureza) en la presente invención. Por otra parte, en el caso donde el contenido de Mn es de más de 2,0 %, existe un riesgo aumentado de una disminución en la tenacidad y un agrietamiento por endurecimiento. Por lo tanto, el contenido de Mn se limita para que esté en el intervalo de 0,1 % a 2,0 %. En este caso, es preferible que el contenido de Mn sea de 0,5 % o más. Es preferible que el contenido de Mn sea de 1,8 % o menos.

P: 0,1 % o menos

El P es un elemento químico que tiene un efecto negativo sobre la resistencia al agrietamiento de soldadura y la tenacidad al existir como una impureza y segregarse, por ejemplo, en los límites de grano. Es necesario que el contenido de P disminuya a 0,1 % o menos en el caso del acero para un estabilizador hueco. En este caso, es preferible que el contenido de P sea de 0,05 % o menos.

S: 0,01 % o menos

El S es un elemento químico que disminuye la trabajabilidad en caliente, la tenacidad, y la resistencia a la fatiga como resultado de existir en la forma de inclusiones a base de sulfuro en el acero, y es necesario que el contenido de S disminuya a 0,01 % o menos en el caso del acero para un estabilizador hueco. En este caso, es preferible que el contenido de S sea de 0,005 % o menos.

Al: 0,01 % a 0,10 %

El Al funciona como un agente desoxidante y es eficaz, al combinarse con el N, para lograr la cantidad suficiente de B soluto sólido que es eficaz para aumentar la endurecibilidad. Además, como resultado de precipitarse en la forma de AlN, el Al tiene una función de evitar que los granos de austenita se engrosen cuando se realiza el calentamiento para el temple. Es necesario que el contenido de Al sea de 0,01 % o más con el fin de obtener tales efectos. Por otra parte, en el caso donde el contenido de Al es de más de 0,10 %, puede haber una disminución en la longevidad a la fatiga debido a un aumento en la cantidad de inclusiones a base de óxido. Por lo tanto, el contenido de Al se limita para que esté en el intervalo de 0,01 % a 0,10 %. En este caso, es preferible que el contenido de Al sea de 0,01 % o

más. Es preferible que el contenido de Al sea de 0,05 % o menos.

Cr: 0,01 % a 0,5 %

- 5 El Cr es un elemento químico que aumenta la endurecibilidad del acero y que contribuye a aumentar la resistencia a la corrosión, y es necesario que el contenido de Cr sea de 0,01 % o más con el fin de obtener tales efectos. Por otra parte, en el caso donde el contenido de Cr es de más de 0,5 %, existe una disminución en la capacidad de soldadura de resistencia eléctrica. Por lo tanto, el contenido de Cr se limita para que esté en el intervalo de 0,01 % a 0,5 %. En este caso, es preferible que el contenido de Cr sea de 0,1 % o más. Es preferible que el contenido de Cr sea de 0,3 % o menos.

Ti: 0,01 % a 0,05 %

- 15 El Ti es eficaz para lograr la cantidad suficiente de B soluto sólido que es eficaz para aumentar la endurecibilidad, como un resultado de combinarse con el N. Además, como resultado de precipitarse en la forma de carburos finos, el Ti contribuye al aumento de la resistencia a la fatiga (resistencia a la fatiga por corrosión) en un entorno corrosivo al contribuir al refinamiento del tamaño de grano de austenita cuando se realiza un tratamiento térmico tal como el temple. Es necesario que el contenido de Ti sea de 0,01 % o más con el fin de obtener tales efectos. Por otra parte, en el caso donde el contenido de Ti es de más de 0,05 %, ya que un sulfuro de titanio grueso (TiS), el cual tiende a convertirse en un punto de partida en el que se forma una picadura de corrosión, tiende a formarse, existe una disminución en la resistencia a la corrosión y en la resistencia a la fatiga por corrosión. Por lo tanto, el contenido de Ti se limita para que esté en el intervalo de 0,01 % a 0,05 %. En este caso, es preferible que el contenido de Ti sea de 0,01 % o más. Es preferible que el contenido de Ti sea de 0,04 % o menos.

- 25 B: 0,0005 % a 0,005 %

El B es un elemento químico que es eficaz para aumentar la endurecibilidad del acero incluso cuando se agrega en cantidades diminutas. Además, ya que el B tiene una función de endurecer los límites de grano, el B inhibe la fragilización del límite de grano debido a la segregación de P. Es necesario que el contenido de B sea de 0,0005 % o más con el fin de obtener tales efectos. Por otra parte, en el caso donde el contenido de B es de más de 0,005 %, ya que el efecto se llega a saturar, existe una desventaja económica. Por lo tanto, el contenido de B se limita para que sea de 0,0005 % a 0,005 %. En este caso, es preferible que el contenido de B sea de 0,001 % o más. Es preferible que el contenido de B sea de 0,003 % o menos.

- 35 Ca: 0,0001 % a 0,0050 %

El Ca es un elemento químico que tiene una función de controlar la forma de las inclusiones a base de sulfuro para que tengan una forma fina aproximadamente esférica. En la presente invención, el Ca se agrega con el fin de controlar cada una de las cantidades de las partículas de TiS gruesas que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más y las partículas de MnS gruesas que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más, convirtiéndose ambas en los puntos de partida en los que se forman picaduras de corrosión, para ser igual a o menor que una cantidad especificada (incluido 0). Es necesario que el contenido de Ca sea de 0,0001 % o más con el fin de obtener un efecto de este tipo. Por otra parte, en el caso donde el contenido de Ca es de más de 0,0050 %, ya que existe un aumento excesivo en el número de aglomerados grandes a base de CaS, que se convierten en los puntos de partida en los que se forman grietas por fatiga, existe una disminución en la resistencia a la fatiga por corrosión. Por lo tanto, el contenido de Ca se limita para que esté en el intervalo de 0,0001 % a 0,0050 %. En este caso, es preferible que el contenido de Ca sea de 0,001 % o más. Es preferible que el contenido de Ca sea de 0,003 % o menos.

N: 0,0050 % o menos

- 50 El N está contenido inevitablemente como una impureza. Como un resultado de combinarse con elementos químicos formadores de nitruros en el acero, el N contribuye a la inhibición del engrosamiento de granos de cristal y al aumento de la resistencia después de que se haya realizado un revenido. Sin embargo, en el caso donde el contenido de N es de más de 0,0050 %, existe una disminución en la tenacidad de una zona soldada. Por lo tanto, el contenido de N se limita para que sea de 0,0050 % o menos. En este caso, es preferible que el contenido de N sea de 0,001 % o menos. Es preferible que el contenido de N sea de 0,003 % o menos.

La composición química descrita anteriormente es la composición química básica, y, en la presente invención, uno, dos o todos seleccionados de entre Nb: 0,001 % a 0,05 %, W: 0,01 % a 0,05 %, y V: 0,05 % a 0,5 %, y puede agregarse además REM: 0,02 % o menos.

Uno, dos o todos seleccionados de entre Nb: 0,001 % a 0,05 %, W: 0,01 % a 0,05 %, y V: 0,05 % a 0,5 %.

- 65 Ya que Nb, W, y V son todos elementos químicos que contribuyen al aumento de la resistencia (dureza) al formar carburos finos, uno, dos, o todos estos elementos químicos pueden agregarse de forma selectiva según sea necesario. Es necesario que el contenido de Nb sea de 0,001 % o más, que el contenido de W sea de 0,01 % o más, o que el contenido de V sea de 0,05 % o más con el fin de obtener un efecto de este tipo. Por otra parte, en el caso

donde el contenido de Nb es de más de 0,05 %, el contenido de W es de más de 0,05 %, o el contenido de V es de más de 0,5 %, ya que un efecto de este tipo llega a saturarse, no es posible esperar un aumento en el efecto correspondiente a un aumento en el contenido, que tiene como resultado una desventaja económica. Además, ya que existe una tendencia al engrosamiento de carburos en tal caso, existe un efecto negativo sobre la tenacidad. Por lo tanto, en el caso donde se agrega Nb, W, o V, es preferible que el contenido de Nb se limite para que sea de 0,05 % o menos, que el contenido de W se limite para que sea de 0,05 % o menos, y que el contenido de V se limite para que sea de 0,5 % o menos. En este caso, es más preferible que el contenido de Nb sea de 0,001 % o más, que el contenido de W sea de 0,01 % o más, y que el contenido de V sea de 0,05 % o más. Es preferible que el contenido de Nb sea de 0,03 % o menos, que el contenido de W sea de 0,03 % o menos, y que el contenido de V sea de 0,3 % o menos.

REM: 0,02 % o menos

REM es, al igual que el Ca, un elemento químico que tiene una función de controlar la forma de las inclusiones a base de sulfuro para que tengan una forma fina aproximadamente esférica y es preferible que el contenido de REM sea de 0,001 % o más desde el punto de vista de complementar la función del Ca en la presente invención. Por otra parte, en el caso donde el contenido de REM es de más de 0,02 %, ya que existe un aumento excesivo en el número de inclusiones, que se convierten en los puntos de partida en los que se forman las grietas por fatiga, existe una disminución en la resistencia a la fatiga por corrosión. Por lo tanto, en el caso donde se agrega REM, es preferible que el contenido de REM se limite para que sea de 0,02 % o menos. En este caso, es más preferible que el contenido de REM sea de 0,001 % o más. Es más preferible que el contenido de REM sea de 0,01 % o menos.

El resto que es distinto de los elementos químicos constitutivos descritos anteriormente es Fe e impurezas inevitables.

En lo sucesivo en el presente documento, se describirán las razones de las limitaciones en la microestructura del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia de acuerdo con la presente invención.

El tubo de acero soldado por resistencia eléctrica de acuerdo con la presente invención tiene una composición química descrita anteriormente y una microestructura en la que cada una de las cantidades de las partículas de TiS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más y las partículas de MnS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más es de 0,1 % o menos (incluido 0 %) en términos de pureza determinada mediante un método de recuento de puntos de acuerdo con JIS G 0555. Las partículas de TiS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más y las partículas de MnS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más disminuyen la resistencia a la corrosión al convertirse en los puntos de partida en los que se forman las picaduras de corrosión. Además, tales partículas disminuyen la resistencia a la fatiga por corrosión al promover la formación de grietas por fatiga que comienzan en las picaduras de corrosión. Por lo tanto, cada una de las cantidades de las partículas de TiS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más y las partículas de MnS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más se controla para que sea de 0,1 % o menos (incluido 0 %) en términos de pureza mediante la adición de Ca, y opcionalmente, REM en cantidades apropiadas. En el caso donde la cantidad de las partículas de TiS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más o las partículas de MnS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más es de más de 0,1 % en términos de pureza, ya que esas partículas se convierten en los puntos de partida en los que se forman las picaduras de corrosión, existe una disminución en la resistencia a la corrosión y en la resistencia a la fatiga por corrosión. Por lo tanto, la microestructura del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica de acuerdo con la presente invención se limita a aquella controlada de tal manera que cada una de las cantidades de las partículas de TiS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más y las partículas de MnS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más sea de 0,1 % o menos en términos de pureza. En este caso, el valor de la pureza es un valor obtenido mediante un método de recuento de puntos de acuerdo con JIS G 0555.

En lo sucesivo en el presente documento, se describirá el método preferible para fabricar el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia de acuerdo con la presente invención.

El tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia de acuerdo con la presente invención es un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica que se fabrica mediante el uso de una lámina de acero, preferentemente, una lámina de acero laminada en caliente, que tiene la composición química descrita anteriormente como un material, realizando un proceso de fabricación de tubos soldados por resistencia eléctrica con el fin de obtener un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica como un material, recalentando además el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica como un material, y realizando la laminación de reducción de diámetro en caliente.

No es necesario establecer ninguna limitación particular en el método de fabricación de tubos soldados por resistencia eléctrica. Es preferible que una lámina de acero se conforme en un tubo abierto que tenga una forma aproximadamente cilíndrica mediante el uso de un método de conformación en frío continua que utiliza una pluralidad de rodillos y se someta a una soldadura de resistencia eléctrica que utiliza, por ejemplo, soldadura de resistencia de alta frecuencia o calentamiento por inducción con los bordes en la dirección de la anchura del tubo

abierto para juntarse a tope unos con otros mediante el uso de rodillos de apriete con el fin de obtener un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica que tenga un tamaño específico.

5 Posteriormente, el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica obtenido se somete además a recalentamiento y laminación de reducción de diámetro en caliente con el fin de obtener un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica que tenga un tamaño deseado. En este caso, es preferible que la temperatura de recalentamiento sea de 850 °C a 1000 °C. En el caso donde la temperatura de recalentamiento es inferior a 850 °C, puede haber un caso donde no pueda lograrse la tenacidad deseada de una zona soldada. Por otra parte, en el caso donde la temperatura de recalentamiento es superior a 1000 °C, ya que se produce una descarburación superficial significativa, puede haber una disminución en la calidad de superficie. Por lo tanto, es preferible que la temperatura de recalentamiento esté en el intervalo de 850 °C a 1000 °C. En este caso, es preferible que la temperatura de laminación de la laminación de reducción de diámetro en caliente sea de 650 °C o superior. En el caso donde la temperatura de laminación es inferior a 650 °C, ya que existe una disminución en la trabajabilidad, puede haber un caso donde sea difícil conformar para obtener una forma de estabilizador deseada. Es preferible que una relación de reducción de diámetro acumulada sea de 30 % a 90 %. En el caso donde la relación de reducción de diámetro acumulada sea de 30 % a 90 %, es posible conformar para obtener una forma de estabilizador deseada sin una disminución en la trabajabilidad.

20 Un estabilizador hueco de alta resistencia se fabrica mediante el uso como un material de un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica obtenido a través del uso del método de fabricación que incluye la laminación de reducción de diámetro que se ha descrito anteriormente. El material se somete secuencialmente a un proceso de conformación, un proceso de tratamiento térmico, y, opcionalmente, a un proceso de tratamiento de granallado, que se realiza sobre la superficie interior del tubo, la superficie exterior del tubo, o la superficie interior y exterior del tubo, con el fin de obtener un estabilizador hueco de alta resistencia.

25 En el proceso de conformación, el tubo de acero se conforma en una forma de estabilizador deseada. Ejemplos de un método de conformación que puede usarse incluyen cualquier tipo de método comúnmente usado. Es preferible usar un método de trabajo de doblado en frío desde el punto de vista de inhibir la descarburación superficial. Ejemplos de un método de trabajo de doblado en frío incluyen un método de doblado por embutición rotativa y un método de doblado por presión.

30 El miembro (estabilizador hueco) que se ha conformado en una forma de estabilizador se somete posteriormente a un proceso de tratamiento térmico. El proceso de tratamiento térmico incluye un tratamiento de temple o un tratamiento de temple y revenido.

35 En el tratamiento de temple, el miembro se calienta hasta una temperatura igual a o superior a la temperatura de transformación  $Ac_3$ , pero 1100 °C o inferior, se mantiene a la temperatura durante un segundo o más, se carga en un tanque de temple, y se enfría rápidamente a una velocidad de enfriamiento de 10 °C/s a 100 °C/s. Con esto, es posible lograr una alta resistencia y una alta tenacidad. En el caso donde la temperatura de calentamiento para el temple es superior a 1100 °C, existe un engrosamiento de granos de austenita. En este caso, es preferible que el calentamiento se realice mediante el uso de un método de calentamiento de energización desde los puntos de vista de la inhibición de descarburación de superficie y de la productividad. Además, es preferible que el refrigerante en el tanque de temple sea agua, aceite de temple, o una mezcla de agua y un polímero cuya concentración este controlada.

45 Después de que se haya realizado un tratamiento de temple, es preferible que se realice un tratamiento de revenido. En el tratamiento de revenido, es preferible que la temperatura de revenido se controle de acuerdo con la dureza deseada. Es preferible que la temperatura de revenido sea de 200 °C a 450 °C. Mediante la realización de un tratamiento de revenido, existe un aumento significativo en la tenacidad.

50 En este caso, no hace falta decir que es preferible que se realice un tratamiento de granallado común sobre la superficie interior del tubo, la superficie exterior del tubo, o la superficie interior y exterior del tubo después de que se haya realizado el proceso de tratamiento térmico con el fin de aumentar la resistencia a la fatiga.

55 El estabilizador obtenido tal como se ha descrito anteriormente tiene la composición química descrita anteriormente, una microestructura en la que cada una de las cantidades de las partículas de TiS que tienen un tamaño de partícula de 10 µm o más y las partículas de MnS que tienen un tamaño de partícula de 10 µm o más es de 0,1 % o menos (incluido 0 %) en términos de pureza determinada mediante el uso de un método de recuento de puntos de acuerdo con JIS G 0555, el tamaño de grano promedio de los granos de austenita anteriores de 50 µm o menos, y una dureza de 400 HV o más y menos de 550 HV en términos de dureza Vickers.

## EJEMPLOS

65 Las láminas de acero laminadas en caliente (que tienen un espesor de 4.5 mm) que tienen las composiciones químicas proporcionadas en la Tabla 1 se conformaron continuamente en tubos abiertos que tenían una forma aproximadamente cilíndrica mediante el uso de un método de conformación en frío con una pluralidad de rodillos.

Posteriormente, se realizó una soldadura de resistencia eléctrica mediante el uso de un método de soldadura de resistencia eléctrica de alta frecuencia con los bordes en la dirección circunferencial de los tubos abiertos para juntarse a tope y presionarse unos con otros para obtener tubos de acero soldados por resistencia eléctrica (que tenían un diámetro exterior de 89,1 mm $\phi$  y un espesor de pared de 4,0 mm). Además, los tubos de acero soldados por resistencia eléctrica obtenidos se recalentaron hasta las temperaturas de calentamiento proporcionadas en la Tabla 2, se sometieron a un proceso de laminación de reducción de diámetro en el que se realizó una laminación de reducción de diámetro mediante el uso de un reductor de estiramiento con las relaciones de reducción de diámetro proporcionadas en la Tabla 2 para obtener unos tubos de acero soldados por resistencia eléctrica que tenían el tamaño (un diámetro exterior de 25,4 mm $\phi$  y un espesor de pared de 4,0 mm) proporcionado en la Tabla 2, los cuales eran materiales para estabilizadores huecos.

Mediante la toma de una pieza de ensayo para la observación de microestructuras (una superficie de observación que es una sección transversal paralela a la dirección del eje del tubo) del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica, que era un material para un estabilizador hueco, y la observación de la pieza de ensayo a través del uso de un microscopio electrónico de barrido (con un aumento de 500 a 2000 veces), se determinaron el tipo, el tamaño, y el número de inclusiones (partículas) existentes. El tipo de la inclusión se identificó mediante la realización de un análisis de constituyentes elementales a través del uso de un dispositivo de análisis (dispositivo de análisis de tipo EDX) instalado en el microscopio electrónico de barrido. Además, el tamaño de una partícula de inclusión se definió como el diámetro más grande de la partícula de inclusión en la sección transversal. A continuación, se determinó cada uno de los números de las partículas de TiS y las partículas de MnS que tenían un tamaño de partícula de 10  $\mu$ m o más.

Además, el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica, que era un material para un estabilizador hueco, se sometió a un tratamiento de temple y revenido bajo las condiciones proporcionadas en la Tabla 2. En este caso, en el tratamiento de temple, el tubo de acero se calentó mediante el uso de un método de calentamiento de energización de tal manera que la temperatura de superficie exterior del tubo de acero fuera igual a la temperatura de calentamiento proporcionada en la Tabla 2 y a continuación se sumergió en un tanque de agua. Después de que se hubiera realizado el tratamiento de temple, se realizó un tratamiento de revenido a la temperatura proporcionada en la Tabla 2 durante 20 minutos. En este caso, ya que el trabajo en frío no tiene ningún efecto sobre el tamaño de grano promedio de los granos de austenita anteriores o la dureza Vickers, el tratamiento de temple y revenido se realizó sin realizar un trabajo en frío en el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica en el presente EJEMPLO.

Una pieza de ensayo se tomó del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica que se había sometido al tratamiento de temple y revenido y se determinó la dureza. La determinación de la dureza se realizó en la sección transversal (sección transversal C) en un ángulo recto con respecto a la dirección del eje del tubo de acero a intervalos de 0,1 mm en la dirección del espesor de pared desde la superficie exterior del tubo de acero hasta la superficie interior del tubo de acero mediante el uso de un medidor de dureza Vickers (con una carga de 500 gf (4,9 N)).

Además, mediante la toma de una pieza de ensayo del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica que se había sometido al tratamiento de temple y revenido, mediante el pulido de una sección transversal en un ángulo recto con respecto a la dirección del eje del tubo, mediante el grabado químico de la sección transversal pulida con una solución de grabado químico (solución acuosa de ácido pícrico) con el fin de exponer los límites de grano de los granos de austenita anteriores (límites de grano de  $\gamma$  previa), y mediante la observación de la sección transversal sometida a grabado químico a través del uso de un microscopio óptico (con un aumento de 100 veces), se obtuvieron fotografías en 10 o más de los campos de visión. A continuación, mediante la realización de un análisis de imágenes en las fotografías de microestructura obtenidas, se calculó el tamaño de grano (tamaño de grano promedio) de los granos de austenita anteriores.

Además, se tomó una muestra que tenía una longitud especificada del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica, que era un material para un estabilizador hueco, y la muestra se mecanizó en una pieza de ensayo para un ensayo de fatiga por corrosión. En este caso, una parte paralela que tenía un diámetro exterior de 24,4 mm $\phi$  se conformó en la parte central de la pieza de ensayo. Posteriormente, la pieza de ensayo obtenida se sometió a un tratamiento de temple mediante la realización de un calentamiento por inducción de tal manera que la temperatura de superficie de la pieza de ensayo fue de 950 °C y mediante la pulverización sobre la pieza de ensayo. Después de que habese realizado el tratamiento de temple, se realizó un tratamiento de revenido. La parte paralela central de la pieza de ensayo después del tratamiento térmico se envolvió con algodón absorbente humedecido con una solución acuosa al 5 % de NaCl con el fin de proporcionar un entorno húmedo, y se realizó un ensayo de fatiga. El número de ciclos antes de que se produjera un agrietamiento se determinó con el fin de evaluar la resistencia a la fatiga por corrosión. En este caso, el ensayo se realizó bajo las condiciones de un esfuerzo de carga de  $\pm$ 400 MPa (esfuerzo invertido) y una frecuencia de carga de 1 kHz.

Los resultados obtenidos se proporcionan en la Tabla 3. El N.<sup>o</sup> de acero A a F e I a Q no están de acuerdo con el presente invención.

[Tabla 1]

N.º de Acero	Composición Química (% en masa)															Nota
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ti	B	Ca	N	Cu, Ni	Nb, W, V	REM		
A	0,22	0,19	0,5	0,015	0,002	0,03	0,27	0,015	0,003	0,002	0,003	-	-	-	Ejemplo	
B	0,22	0,19	0,5	0,015	0,002	0,03	0,27	0,015	0,003	0,002	0,003	Cu:0,2	-	-	Ejemplo	
C	0,23	0,19	0,5	0,015	0,002	0,03	0,27	0,015	0,003	0,002	0,003	Cu:0,1, Ni:0,2	-	-	Ejemplo	
D	0,26	0,17	1,2	0,011	0,002	0,03	0,14	0,036	0,002	0,002	0,003	-	-	-	Ejemplo	
E	0,26	0,17	1,2	0,011	0,002	0,03	0,14	0,036	0,002	0,002	0,003	Cu:0,2	-	-	Ejemplo	
F	0,26	0,17	1,2	0,011	0,002	0,03	0,14	0,036	0,002	0,002	0,003	Cu:0,1, Ni:0,2	-	-	Ejemplo	
G	0,26	0,17	1,2	0,011	0,002	0,03	0,14	0,036	0,002	0,002	0,003	-	Nb:0,01	0,002	Ejemplo	
H	0,26	0,17	1,2	0,011	0,002	0,03	0,14	0,036	0,002	0,002	0,003	-	W:0,03, V:0,1	0,002	Ejemplo	
I	0,34	0,17	1,4	0,011	0,002	0,03	0,14	0,036	0,002	0,002	0,003	-	-	-	Ejemplo	
J	0,34	0,17	1,4	0,011	0,002	0,03	0,14	0,036	0,002	0,002	0,003	Cu:0,2	-	-	Ejemplo	
K	0,34	0,17	1,4	0,011	0,002	0,03	0,14	0,036	0,002	0,002	0,003	Cu:0,1, Ni:0,2	-	-	Ejemplo	
L	0,17	0,17	1,2	0,011	0,002	0,03	0,14	0,036	0,002	0,002	0,003	Cu:0,1, Ni:0,2	-	-	Ejemplo Comparativo	
M	0,42	0,17	1,2	0,011	0,002	0,03	0,14	0,036	0,002	0,002	0,003	Cu:0,1, Ni:0,2	-	-	Ejemplo Comparativo	
N	0,34	0,17	1,3	0,011	0,002	0,03	0,002	0,036	0,002	0,002	0,003	Cu:0,1, Ni:0,2	-	-	Ejemplo Comparativo	
Q	0,34	0,17	2,5	0,011	0,002	0,03	0,14	0,004	0,002	0,002	0,003	Cu:0,1, Ni:0,2	-	-	Ejemplo Comparativo	
E	0,34	0,17	1,2	0,011	0,015	0,03	0,14	0,036	0,002	0,002	0,003	Cu:0,1, Ni:0,2	-	-	Ejemplo Comparativo	
Q	0,34	0,17	1,2	0,011	0,002	0,03	0,14	0,036	0,002	--	0,003	-	-	-	Ejemplo Comparativo	

[Tabla 2]

N.º de Material	N.º de Acero	Tamaño de tubo de acero soldado por resistencia eléctrica	Laminación de reducción de diámetro			Tamaño después de laminación de reducción de diámetro	Tratamiento térmico		Nota
			Temperatura de calentamiento (°C)	Temperatura de laminación (°C)	Relación de reducción de diámetro (%)		Temple (°C)	Revenido (°C)	
1	A	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	330	Ejemplo
2	B	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	300	Ejemplo
3	C	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	230	Ejemplo
4	D	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	330	Ejemplo
5	E	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	300	Ejemplo
6	F	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	240	Ejemplo
7	G	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	250	Ejemplo
8	H	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	250	Ejemplo
9	I	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	330	Ejemplo
10	J	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	280	Ejemplo
11	K	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	230	Ejemplo
12	L	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	300	Ejemplo Comparativo
13	M	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	230	Ejemplo Comparativo
14	N	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	280	Ejemplo Comparativo
15	O	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	280	Ejemplo Comparativo
16	P	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	280	Ejemplo Comparativo
17	F	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	300	Ejemplo Comparativo
18	Q	89,1φ x 4,5	980	800	71	25,4φ x 4,0	950	330	Ejemplo Comparativo

[Tabla 3]

N.º de Material	N.º de Acero	Microestructura		Dureza	Tamaño de grano anterior $\gamma$ ( $\mu\text{m}$ )	Resistencia a la fatiga	Nota
		Partículas: Pureza (%)		Dureza promedio después del tratamiento térmico HV		Número de ciclos en entorno de corrosión	
		TiS	MnS				
1	A	0,05	0,05	430	25	528510	Ejemplo
2	B	0,05	0,05	450	25	534510	Ejemplo
3	C	0,05	0,05	480	25	548510	Ejemplo
4	D	0,05	0,05	440	20	523610	Ejemplo
5	E	0,05	0,05	460	18	525810	Ejemplo
6	F	0,02	0,05	500	20	560260	Ejemplo
7	G	0,05	0,01	480	18	551250	Ejemplo
8	H	0,05	0,05	480	19	548560	Ejemplo
9	I	0,03	0,05	450	15	518520	Ejemplo
10	J	0,05	0,05	480	16	506850	Ejemplo
11	K	0,05	0,05	530	14	586520	Ejemplo
12	<u>L</u>	0,05	0,05	<u>380</u>	55	285630	Ejemplo Comparativo
13	<u>M</u>	0,05	0,05	<u>560</u>	25	278500	Ejemplo Comparativo
14	<u>N</u>	0,05	0,05	480	25	275230	Ejemplo Comparativo
15	<u>O</u>	0,05	<u>0,3</u>	470	58	255560	Ejemplo Comparativo
16	<u>P</u>	<u>0,20</u>	<u>0,3</u>	480	25	287520	Ejemplo Comparativo
17	F	0,02	0,05	<u>390</u>	22	265360	Ejemplo Comparativo
18	<u>Q</u>	0,15	<u>0,20</u>	450	15	242250	Ejemplo Comparativo

5 Todos los ejemplos de la presente invención tenían una dureza de 400 HV o más, es decir, una alta resistencia (una alta dureza), después de que se realizó un tratamiento de temple y revenido. Además, los ejemplos eran tubos de acero soldados por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia que tenía una excelente resistencia a la fatiga por corrosión representada por un número de ciclos de  $5,0 \times 10^5$  o más en un entorno corrosivo.

10 Por otra parte, en el caso de los ejemplos comparativos, que estaban fuera del intervalo de acuerdo con la presente invención, algunos tenían una dureza de menos de 400 HV después de que se hubiera realizado un tratamiento de temple y revenido, no se logró la alta resistencia deseada (alta dureza), o hubo una disminución en la resistencia a la fatiga por corrosión en un entorno corrosivo.

## REIVINDICACIONES

1. Un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia, teniendo el tubo de acero:
- 5 una composición química que contiene, en % en masa,  
 C: 0,20 % a 0,40 %,  
 Si: 0,1 % a 1,0 %,  
 Mn: 0,1 % a 2,0 %,
   
 10 P: 0,1 % o menos,  
 S: 0,01 % o menos,  
 Al: 0,01 % a 0,10 %,  
 Cr: 0,01 % a 0,5 %,  
 Ti: 0,01 % a 0,05 %,
   
 15 B: 0,0005 % a 0,005 %,  
 Ca: 0,0001 % a 0,0050 %,
   
 N: 0,0050 % o menos,  
 REM: 0,02 % o menos,  
 además uno, dos o todos seleccionados de entre  
 Nb: 0,001 % a 0,05 %,
   
 20 W: 0,01 % a 0,05 %,
   
 V: 0,05 % a 0,5 %, y  
 siendo el resto Fe e impurezas inevitables; y  
 una microestructura en la que cada una de las cantidades de las partículas de TiS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más y las partículas de MnS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más es de 0,1 % o menos,  
 25 incluido 0 %, en términos de pureza determinada mediante un método de recuento de puntos de acuerdo con JIS G 0555,  
 el tubo de acero tiene, cuando se somete a una conformación en frío seguida de un tratamiento de temple y revenido, una microestructura en la que el tamaño de grano promedio de los granos de austenita anteriores es de 50  $\mu\text{m}$  o menos y una dureza de 400 HV o más y menos de 550 HV en términos de dureza Vickers, donde, en el  
 30 tratamiento de temple y revenido,  
 se realiza un tratamiento de temple calentando a una temperatura en un intervalo de temperatura de transformación  $A_{c3}$  a 1100 °C, manteniéndolo durante un segundo o más y a continuación enfriando rápidamente a una velocidad de enfriamiento de 10 °C/s a 100 °C/s, y a continuación,  
 se realiza un tratamiento de revenido a una temperatura de 200 °C a 450 °C.
- 35
2. Un método para fabricar un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia, comprendiendo el método  
 formar una lámina de acero que tiene una composición química como se define en la reivindicación 1 en un tubo abierto que tiene una forma aproximadamente cilíndrica mediante la realización de un conformado en frío,  
 40 realizar una soldadura por resistencia eléctrica con los bordes en la dirección de la anchura del tubo abierto para juntarse a tope unos contra otros y obtener un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica,  
 calentar el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica a una temperatura de 850 °C a 1000 °C, y  
 realizar un laminado de reducción de diámetro en caliente a una temperatura de laminado de 650 °C o más con una  
 45 relación de reducción de diámetro acumulada de 30 % a 90 %.
3. Un método para fabricar un estabilizador hueco de alta resistencia, comprendiendo el método realizar un trabajo de doblado en frío seguido de un tratamiento de temple y revenido en el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica para un estabilizador hueco de alta resistencia de acuerdo con la reivindicación 1, donde, en el tratamiento de temple y revenido,  
 50 se realiza un tratamiento de temple calentando a una temperatura en un intervalo de temperatura de transformación  $A_{c3}$  a 1100 °C, manteniéndolo durante un segundo o más y a continuación enfriando rápidamente a una velocidad de enfriamiento °C/s a 100 °C/s, y a continuación,  
 se realiza un tratamiento de revenido a una temperatura de 200 °C a 450 °C.
- 55
4. Un estabilizador hueco de alta resistencia que tiene:  
 una composición química como se define en la reivindicación 1; y  
 una microestructura en la que cada una de las cantidades de las partículas de TiS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más y las partículas de MnS que tienen un tamaño de partícula de 10  $\mu\text{m}$  o más es de 0,1 % o menos (incluido 0 %) en términos de pureza determinada mediante un método de recuento de puntos de acuerdo con JIS G  
 60 0555, teniendo el estabilizador hueco  
 el tamaño de grano medio de los granos de austenita anteriores de 50  $\mu\text{m}$  o menos, y  
 una dureza de 400 HV o más y menos de 550 HV en términos de dureza Vickers.