

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 085**

51 Int. Cl.:

B21C 37/08	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)
B60G 21/055	(2006.01)	C22C 38/28	(2006.01)
C21D 8/10	(2006.01)	C21D 7/13	(2006.01)
C21D 9/08	(2006.01)	C21D 9/50	(2006.01)
C22C 38/32	(2006.01)	C22C 38/22	(2006.01)
B21C 51/00	(2006.01)	C22C 38/24	(2006.01)
C21D 7/06	(2006.01)	C22C 38/26	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/50	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.02.2013 PCT/JP2013/054815**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013 WO13175821**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2013 E 13794071 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018 EP 2857537**

54 Título: **Estabilizador hueco, y tubo de acero para estabilizadores huecos y método para producir el mismo**

30 Prioridad:
25.05.2012 JP 2012119869

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.11.2018

73 Titular/es:
NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (50.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP y
NHK SPRING CO., LTD. (50.0%)

72 Inventor/es:
ISHITSUKA, TETSUO;
KOYUBA, MOTOFUMI;
IWAMURA, MASAMICHI;
TANGE, AKIRA;
TAKAHASHI, KEN;
KURIMOTO, KIYOSHI y
WAKABAYASHI, YUTAKA

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 691 085 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

Estabilizador hueco, y tubo de acero para estabilizadores huecos y método para producir el mismo

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un estabilizador hueco utilizado para un vehículo, tal como un automóvil, y a un tubo de acero para estabilizadores huecos utilizado como material para el estabilizador hueco y a un método para producir el mismo.

Estado de la técnica

10 En vehículos tales como automóviles se utilizan estabilizadores con el fin de asegurar la estabilidad de marcha de carrocerías de vehículos durante la marcha a alta velocidad mientras se suprime el balanceo de carrocerías de vehículos en las curvas. El estabilizador se fabrica convencionalmente procesando un material macizo, tal como una barra de acero, dándole una forma deseada. En los últimos años se están empleando cada vez más estabilizadores huecos utilizando un material hueco tal como un tubo de acero sin costura o un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica con el fin de promover una reducción del peso.

15 En el caso del cambio de diseño de un estabilizador macizo a un estabilizador hueco, el diámetro exterior del estabilizador hueco necesariamente ha de ser mayor que el del estabilizador macizo con el fin de mantener la misma rigidez al balanceo. Como resultado de ello, la tensión generada con respecto a la misma carga es mayor en el estabilizador hueco y, por lo tanto, es necesario aumentar la relación de espesor de pared/diámetro exterior (t/D) para suprimir un aumento de la tensión generada.

20 Convencionalmente se utilizan estabilizadores huecos de pared delgada con una relación t/D de 0,10 a 0,17 para coches compactos con tensiones de trabajo bajas. Sin embargo, para utilizar estabilizadores huecos en un coche grande con una tensión de trabajo alta es necesario aumentar la relación t/D . Con este fin se han propuesto un método para producir un estabilizador hueco, en el que un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica es sometido a laminado en caliente de reducción de diámetro y después a estirado (véase, por ejemplo, el Documento de Patente 1), y un tubo de acero de pared gruesa para estabilizadores huecos producido sometiendo un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica a laminado en caliente de reducción de diámetro (véase, por ejemplo, el Documento de Patente 2).

25 En el caso del estabilizador hueco a veces se producía rotura por fatiga desde la superficie interior, que no está presente en el estabilizador macizo. Esto se debe a que la rotura por fatiga se produce desde una capa descarbonada sobre la superficie interior, incluso si la resistencia a la fatiga de la superficie exterior del tubo de acero se mejora aumentando la firmeza del tubo de acero. Con el fin de resolver este problema se ha propuesto un tubo de acero para estabilizadores huecos en el que la relación t/D es de 0,20 o más y en el que se ha suprimido la generación de la capa descarbonada sobre la superficie interior (véase, por ejemplo, el Documento de Patente 3).

Documento de Patente 1: solicitud de patente japonesa abierta a la inspección pública (JP-A) nº 2000-233625

Documento de Patente 2: publicación internacional nº WO 2007-023873

Documento de Patente 3: JP-A nº 2007-270349

40 El documento EP 2239343 A1 describe un método para fabricar un artículo hueco a partir de un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica. El documento JP 2010-189758 A trata de un método para fabricar un tubo de acero con una resistencia a la fatiga superior.

45 COMPENDIO DE LA INVENCION

Problema técnico

50 Los inventores han descubierto que, cuando se aumenta el contenido de C con el fin de mejorar la firmeza de un tubo soldado por resistencia eléctrica utilizado como un material para producir estabilizadores huecos, se generan grietas de temple, y que el deterioro de la resistencia a la fatiga en las inmediaciones de la parte soldada por resistencia eléctrica se hace evidente cuando el material está muy reforzado. La Figura 1(a) es una vista en perspectiva de un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica; la Figura 1(b) es una vista ampliada de una fluencia de metal 18 en un metal de base 17, observada en la sección transversal de un tubo de acero 16 soldado por resistencia eléctrica rodeada por el círculo S1 en la Figura 1(a); la Figura 1(c) es una vista ampliada de una fluencia de metal 18 en una parte soldada 19, observada en la sección transversal del tubo de acero 16 soldado por resistencia eléctrica rodeada por el círculo S2 en la Figura 1(a); y la Figura 1(d) es una vista ampliada que muestra un estado de presencia de MnS en la sección longitudinal a lo largo de la dirección de extensión (dirección L) de una parte de contacto soldada por resistencia eléctrica del tubo de acero 16 soldado por resistencia eléctrica. Estas figuras son diagramas esquemáticos. Como se desprende claramente de una comparación de las Figuras 1(b) y 1(c), en las inmediaciones de la parte soldada 19 por resistencia eléctrica, la fluencia de metal 18 se forma de tal modo que la segregación central en la placa de acero está situada perpendicularmente, en la dirección del espesor de pared, debido a la intensa recaladura de las superficies adyacentes durante la soldadura. Por lo tanto, en un caso que presenta MnS 20 alargado en una dirección longitudinal por laminado en la segregación central de la placa de acero, sobre la superficie se encuentra MnS 20 alargado cerca de la parte soldada 19 por resistencia eléctrica después de cortar un cordón de soldadura tal como se muestra en la Figura 1(d), que es un origen de rotura por fatiga.

La presente invención se realiza teniendo en cuenta la situación arriba indicada, y el objeto de la presente invención consiste en proporcionar un estabilizador hueco que tiene una mayor firmeza en comparación con los estabilizadores huecos convencionales y que tiene excelentes propiedades de fatiga, y un tubo de acero para estabilizadores huecos que se utiliza como un material para el estabilizador hueco.

5

Solución al problema

Los estabilizadores huecos se producen mediante temple y revenido para ajustar la calidad del material. Como resultado del estudio por parte de los inventores, se descubrió que durante el temple se generan grietas de temple cuando el contenido de C es demasiado alto. No obstante, dado que la firmeza es insuficiente con un contenido de C bajo, se añade Cr para asegurar la templabilidad en la invención. Además, con el fin de suprimir el deterioro de la resistencia a la fatiga causado por el MnS en las inmediaciones de la parte soldada por resistencia eléctrica, es necesario limitar el Mn, el S, el Ca y el O. Es preferible restringir la relación t/D y el espesor de una capa de descarburación con el fin de suprimir la generación de grietas por fatiga desde la superficie interior, y es más preferible impartir tensión residual de compresión mediante martilleo con granalla.

10

15 El compendio de la invención es el siguiente.

(1) Un estabilizador hueco que tiene una composición química que comprende como componentes químicos, en términos de % en masa: del 0,26% al 0,30% de C, del 0,05% al 0,35% de Si, del 0,5% al 1,0% de Mn, del 0,05% al 1,0% de Cr, del 0,005% al 0,05% de Ti, del 0,0005% al 0,005% de B, y del 0,0005% al 0,005% de Ca, en donde: Al, P, S, N, y O están limitados al 0,08% o menos, al 0,05% o menos, a menos del 0,0030%, al 0,006% o menos, y al 0,004% o menos, respectivamente, la composición química comprende opcionalmente uno o más de: del 0,05% al 0,5% de Mo, del 0,01% al 0,1% de Nb, del 0,01% al 0,1% de V, o del 0,1% al 1,0% de Ni, una parte restante de la composición química consiste en Fe e impurezas inevitables, un valor de un producto del contenido de Mn y el contenido de S es de 0,0025 o menos, y una velocidad crítica de enfriamiento Vc90 representada por la siguiente Ecuación (1) es de 40° C/s o menos:

20

25

$$\text{Ecuación (1): } \log V_{c90} = 2,94 - 0,75 \beta$$

30

en donde $\beta = 2,7 C + 0,4 Si + Mn + 0,8 Cr + 2,0 Mo + 0,8 Ni$; y en donde: una estructura metálica comprende una martensita revenida, una longitud de MnS alargado presente en una parte central en una dirección del espesor del estabilizador hueco es de 150 μm o menos, una dureza Rockwell C (HRC) es de 40 a 50, una relación de espesor de pared/diámetro exterior es de 0,14 o más, y una profundidad de una capa descarburada en una parte superficial interior del estabilizador hueco es de 20 μm o menos desde la superficie interior.

35

(2) El estabilizador hueco según (1), que además incluye, en términos de % en masa, uno o más de: del 0,05% al 0,5% de Mo, del 0,01% al 0,1% de Nb, del 0,01% al 0,1% de V, o del 0,1% al 1,0% de Ni, en donde, en la Ecuación (1), $\beta = 2,7 C + 0,4 Si + Mn + 0,8 Cr + 2,0 Mo + 0,8 Ni$.

40

(3) El estabilizador hueco según (1) o (2), en el que una tensión residual de compresión máxima sobre una superficie exterior es de 400 MPa o más.

(4) El estabilizador hueco según (3), en el que la superficie exterior y la superficie interior se someten a martilleo con granalla.

45

(5) Un tubo de acero para un estabilizador hueco utilizado como un material para el estabilizador hueco según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, teniendo el tubo de acero una composición química que comprende como componentes químicos, en términos de % en masa: del 0,26% al 0,30% de C, del 0,05% al 0,35% de Si, del 0,5% al 1,0% de Mn, del 0,05% al 1,0% de Cr, del 0,005% al 0,05% de Ti, del 0,0005% al 0,005% de B, y del 0,0005% al 0,005% de Ca, en donde: Al, P, S, N, y O están limitados al 0,08% o menos, al 0,05% o menos, a menos del 0,0030%, al 0,006% o menos, y al 0,004% o menos, respectivamente, la composición química comprende opcionalmente uno o más de: del 0,05% al 0,5% de Mo, del 0,01% al 0,1% de Nb, del 0,01% al 0,1% de V, o del 0,1% al 1,0% de Ni, una parte restante de la composición química consiste en Fe e impurezas inevitables, un valor de un producto del contenido de Mn y el contenido de S es de 0,0025 o menos, y una velocidad crítica de enfriamiento Vc90 representada por la siguiente Ecuación (1) es de 40° C/s o menos:

50

$$\text{Ecuación (1): } \log V_{c90} = 2,94 - 0,75 \beta$$

55

en donde $\beta = 2,7 C + 0,4 Si + Mn + 0,8 Cr + 2,0 Mo + 0,8 Ni$; y en donde: una estructura metálica comprende una estructura mixta de ferrita y perlita, una longitud de MnS alargado presente en una parte central en una dirección del espesor del tubo de acero es de 150 μm o menos, una dureza Rockwell B (HRB) es de 95 o menos, una relación de espesor de pared/diámetro exterior es de 0,14 o más, y una profundidad de una capa descarburada en una parte superficial interior del tubo de acero es de 20 μm o menos desde la superficie interior.

60

(6) Un método para producir el tubo de acero para un estabilizador hueco según (5), en donde: el tubo de acero es un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica, y el método incluye un proceso para someter el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica a calentamiento, después de la soldadura por resistencia eléctrica, a una temperatura de 800° C a 1.200° C y a laminado en caliente de reducción de diámetro hasta una reducción en el área de sección transversal del 40% al 80%.

(7) Un método para producir el tubo de acero para un estabilizador hueco según (5), en donde: el tubo de acero es un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica, y el método incluye un proceso para alargar el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica mediante estirado en frío después de la soldadura por resistencia eléctrica.

5 Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con la invención se puede proporcionar un estabilizador hueco para automóviles que tiene una excelente resistencia a la fatiga y una firmeza superior en comparación con los estabilizadores huecos convencionales, mientras se mantienen propiedades de fatiga y propiedades de retraso de rotura equivalentes a las del estabilizador hueco convencional para automóviles.

10

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las Figuras 1(a) a 1(c) son diagramas que muestran la relación entre la capa superficial de la parte soldada por resistencia eléctrica y el MnS en la segregación central. La Figura 1(a) muestra el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica; la Figura 1(b) es una vista ampliada de una fluencia de metal en un metal de base, observada en la sección transversal de un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica rodeada por el círculo S1 en la Figura 1(a); la Figura 1(c) es una vista ampliada de una fluencia de metal en la parte soldada, observada en la sección transversal del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica rodeada por el círculo S2 en la Figura 1(a); y la Figura 1(d) es una vista ampliada de la sección longitudinal a lo largo de la dirección de extensión (dirección L) de una parte de contacto soldada por resistencia eléctrica del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica.

20

La Figura 2 muestra un ejemplo del estabilizador.

Las Figuras 3(a) y 3(b) son diagramas que ilustran el método para producir una placa para una muestra de ensayo de fatiga por flexión recta a partir del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica. La Figura 3(a) es una vista en perspectiva del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica después de realizar un corte en una dirección longitudinal; y la Figura 3(b) es una vista en perspectiva del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica de la Figura 3(a) desenrollado en un plano.

25

Las Figuras 4(a) y 4(b) son diagramas que ilustran la muestra de ensayo de fatiga por flexión recta producida utilizando la placa de la Figura 3(b). La Figura 4(a) es una vista en planta y la Figura 4(b) es una vista lateral.

30

Las Figuras 5(a) y 5(b) muestran una superficie de rotura de la muestra después del ensayo de fatiga. La Figura 5(a) es la fotografía de SEM que muestra la superficie de rotura de la muestra, y la Figura 5(b) muestra el resultado del análisis EDX en la posición rodeada por el óvalo de trazos en la Figura 5(a).

35

La Figura 6 es la fotografía que muestra la fluencia de metal de la sección transversal perpendicular a la superficie de rotura de la muestra después del ensayo de fatiga mostrada pegando las fotografías en la posición de la rotura.

La Figura 7 muestra un ejemplo de la relación entre la velocidad de enfriamiento y la dureza durante el temple.

La Figura 8 muestra un ejemplo del proceso de fabricación del estabilizador mediante conformación en frío.

40

La Figura 9 muestra un ejemplo del proceso de fabricación del estabilizador mediante conformación en caliente.

La Figura 10 muestra un ejemplo de la curva de revenido-reblandecimiento del tubo de acero para estabilizadores huecos.

45

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES

Configuración del estabilizador

Tal como se muestra en la Figura 2, un estabilizador 10 incluye una parte de torsión 11 que se extiende en la dirección de la anchura de la carrocería del vehículo (no mostrada) y un par de partes de brazo 12 izquierda y derecha que están conectadas con los dos extremos de la parte de torsión 11. La parte de torsión 11 está fijada en el lateral de la carrocería a través de un cojinete 14 o similar. Los extremos 12a de las partes de brazo 12 están conectados con un mecanismo de suspensión 15 a la izquierda y la derecha a través de conexiones de estabilizador (no mostrados) o similares. Normalmente, en la parte de torsión 11 y en las partes de brazo 12, varias partes o diez o más partes son sometidas a curvado para evitar interferencias con otros componentes.

50

Cuando un vehículo gira, el mecanismo de suspensión 15 es sometido a una fuerza de fase invertida. En ese momento, en el caso de un vehículo en el que está montado el estabilizador 10, las partes de brazo 12 izquierda y derecha se arquean en sentidos opuestos y la parte de torsión 11 se retuerce, y el estabilizador 10 actúa como un muelle para suprimir una inclinación excesiva (balanceo) de la carrocería del vehículo. Durante el desplazamiento del vehículo se repiten desplazamientos rectos y giros. Por lo tanto, los estabilizadores han de tener suficiente dureza y propiedades de fatiga.

55

Considerando que el límite superior del contenido de C es del 0,30%, el estabilizador hueco de acuerdo con la invención tiene una dureza máxima de HRC 50 como una dureza alcanzable y una dureza mínima de HRC 40, que es un límite superior sustancial del material convencional.

60

En el estabilizador hueco de acuerdo con la invención se ajusta una relación de espesor de pared/diámetro exterior (t/D) de 0,14 o más, de modo que la rotura por fatiga se inicia desde la superficie exterior. Si la relación t/D es menor de 0,14, la diferencia de tensión entre la superficie exterior y la superficie interior es pequeña, y por lo tanto la rotura por fatiga tiende a iniciarse desde la superficie interior, en la que el origen preexistente de la rotura por fatiga apenas se detecta. El límite superior de la relación t/D no está particularmente restringido. Dado que el estabilizador con una relación t/D de 0,5 es teóricamente macizo, el límite superior de la relación t/D en la invención es sustancialmente menor de 0,5. Dado que el efecto de ahorro de peso se reduce y la producción se dificulta cuando la relación t/D es de 0,25 o más, desde un punto de vista práctico la

65

relación t/D es preferiblemente menor de 0,25. Aquí, tanto la HRC como la relación t/D son un valor en una parte no sometida a curvado durante la producción del estabilizador hueco.

5 En la parte soldada por resistencia eléctrica, un MnS alargado es a veces un origen de rotura por fatiga. Los inventores produjeron una placa 22 para una muestra de ensayo de fatiga por flexión recta a partir de un tubo 21 soldado por resistencia eléctrica, tal como se muestra en las Figuras 3(a) y 3(b). Además se llevó a cabo un ensayo de fatiga por flexión recta utilizando una muestra 24 en la que una parte 23 soldada por resistencia eléctrica del tubo 21 soldado por resistencia eléctrica está situada en una posición central en una dirección longitudinal de la muestra 24 para el ensayo de fatiga por flexión recta, en la que la parte 23 soldada por resistencia eléctrica se extiende en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal de la muestra 24, tal como se muestra en las Figuras 4(a) y 4(b). Después del ensayo, la superficie de rotura de la muestra 24 se observó bajo un microscopio electrónico de barrido (SEM), y la composición de una inclusión presente en un origen de rotura se analizó utilizando una espectrometría por dispersión de energía de rayos X (EDS) conectada al SEM.

10 Como resultado de ello, tal como se muestra en las Figuras 5(a) y 5(b), se confirmó que había MnS presente en el origen de rotura en la muestra rota. En la Figura 6 se muestra el resultado de observación de la fluencia de metal de la sección transversal perpendicular a la superficie de rotura de la muestra después del ensayo de fatiga. Tal como se muestra en la Figura 6, la superficie de rotura en la muestra estaba situada en una posición algo retirada de la posición de la parte soldada, más que en la parte soldada. También se confirmó que las superficies de partes en las inmediaciones de los dos lados entre los que está intercalada la parte soldada por resistencia eléctrica corresponden a la zona de segregación situada en la parte central en la dirección del espesor del metal de base. Además, como resultado del examen por parte de los inventores, se descubrió que es necesario limitar la longitud del MnS alargado presente en la parte central en la dirección del espesor del metal de base para prevenir la generación de rotura por fatiga de la parte soldada por resistencia eléctrica. Para suprimir el estiramiento de MnS resulta eficaz formar CaS mediante la adición de Ca.

15 En la invención, la longitud de MnS alargado presente en la parte central en la dirección del espesor se ajusta a 150 μm o menos. Si la longitud de MnS alargado sobrepasa los 150 μm , el MnS alargado actúa como un origen de rotura por fatiga de la parte soldada por resistencia eléctrica. En lo que respecta a la presencia o ausencia de MnS alargado con una longitud mayor de 150 μm , se recorta un segmento de 10 mm de longitud del estabilizador hueco en una dirección longitudinal, como una muestra para observar la estructura de sección transversal, y, en una parte central en la dirección del espesor del estabilizador hueco presente en la sección transversal de la muestra, se confirma la longitud de MnS con un microscopio óptico. La presencia de MnS se puede confirmar mediante microscopía electrónica de barrido junto con espectrometría por dispersión de energía de rayos X. Aquí, "la longitud de MnS" se determina observando la parte central en la dirección del espesor presente en la sección transversal con un microscopio óptico o un microscopio electrónico de barrido con respecto a 20 10 muestras para cada caso, y midiendo la longitud del MnS de mayor tamaño entre los MnS presentes en la región observada.

25 Además, con el fin de suprimir la generación de rotura por fatiga desde la superficie interior del estabilizador hueco, la profundidad de una capa descarburada en la parte superficial interior se ajusta a 20 μm o menos desde la superficie interior. Es preferible no incluir ninguna capa descarburada, ya que la capa descarburada tiene menos firmeza que el metal de base y tiende a actuar como el origen de rotura por fatiga. No obstante, si la relación t/D se ajusta a 0,14 o más, la generación de rotura por fatiga desde la superficie interior se puede prevenir ajustando la profundidad de la capa descarburada en la parte superficial interior a 20 μm o menos. En el estabilizador hueco de acuerdo con la invención que tiene una estructura de martensita revenida, la profundidad de la capa descarburada significa una profundidad máxima desde la superficie interior de ferrita presente en la superficie interior.

30 El tamaño de grano de ferrita sobre la superficie interior del tubo de acero para estabilizadores antes del temple es de aproximadamente 10 μm a 20 μm . Cuando la anchura correspondiente al tamaño de grano de los granos de ferrita presentes de forma conectiva sobre la superficie interior se considera como la anchura de la capa, la profundidad de la capa descarburada de ferrita del tubo de acero se puede ajustar a 20 μm o menos limitando la anchura de la capa hasta el tamaño de una capa. Para suprimir la generación de la capa descarburada es preferible bajar una temperatura de la superficie interior, reducir el tiempo de mantenimiento y aumentar la velocidad de enfriamiento durante el temple. Seleccionando apropiadamente las condiciones de temple durante la producción del estabilizador hueco, la profundidad de la capa descarburada se puede ajustar a 20 μm o menos. La capa descarburada se forma en el intervalo de fase doble durante el enfriamiento desde una temperatura elevada hasta la temperatura ambiente. El intervalo de fase doble es un intervalo de 35 temperaturas por debajo de la temperatura de transformación de Ar_3 en el que comienza la transformación de austenita a ferrita, y es un intervalo de temperaturas en el que la austenita y la ferrita coexisten.

40 En el estabilizador hueco de acuerdo con la invención, la resistencia a la fatiga se mejora cuando la tensión residual de compresión se imparte a la superficie exterior, y el efecto se puede lograr de forma significativa cuando la tensión residual de compresión máxima sobre la superficie exterior es de 400 MPa o más. Mientras que la tensión generada en la superficie interior del estabilizador hueco es menor en comparación con la superficie exterior, a veces es preferible impartir tensión residual de compresión a la superficie interior con el fin de mejorar la resistencia a la fatiga. El método para impartir tensión residual de compresión no está sometido a ninguna limitación particular y el método más simple es el martilleo con granalla. La tensión residual de compresión se puede determinar mediante un método de difracción de rayos X.

65

Más abajo se explica la razón para limitar componentes respectivos incluidos en el estabilizador hueco de acuerdo con la invención. Aquí, cuando "%" indica el contenido de compontes respectivos significa "% en masa".

- 5 El C es un elemento que determina la firmeza del estabilizador hueco. Con el fin de obtener una mayor firmeza en comparación con el estabilizador hueco convencional, es necesario ajustar el contenido de C al 0,26% o más. Sin embargo, cuando el contenido de C es superior al 0,30% se generan grietas de temple. Por lo tanto, el contenido superior del contenido de C se ajusta al 0,30%.
- 10 El Si es un elemento desoxidante y contribuye a reforzar la solución de sólido. El Si también tiene el efecto de aumentar la resistencia al reblandecimiento por revenido. Para obtener estos efectos es necesario que el contenido de Si sea del 0,05% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Si es superior al 0,35%, la tenacidad disminuye. Por lo tanto, el contenido de Si se ajusta a un intervalo del 0,05% al 0,35%. Es preferible ajustar el límite inferior del contenido de Si al 0,20% y ajustar el límite superior del contenido de Si al 0,30%.
- 15 El Mn es un elemento que mejora la templabilidad. Si el contenido de Mn es inferior al 0,5%, no es posible asegurar un efecto suficiente de mejora de la templabilidad. Por otro lado, si el contenido de Mn sobrepasa el 1,0%, las propiedades de retraso de rotura tienden a deteriorarse y el MnS se precipita fácilmente, disminuyendo de este modo la resistencia a la fatiga en las inmediaciones de la parte soldada por resistencia eléctrica. Por lo tanto, el contenido de Mn se ajusta en un intervalo del 0,5% al 1,0%, y preferiblemente al 0,5% o más y a menos del 0,8%.
- 20 El P es un elemento que tiene un efecto negativo en la resistencia a las roturas de soldadura y en la tenacidad. Por lo tanto, el contenido de P se imita al 0,05% o menos. El contenido de P es preferiblemente del 0,03% o menos.
- 25 El S deteriora la tenacidad y se precipita en forma de MnS, reduciendo la resistencia a la fatiga en las inmediaciones de la parte soldada por resistencia eléctrica. Por lo tanto, el contenido de S se limita a menos del 0,0030%. El contenido de S es preferiblemente del 0,0026% o menos.
- 30 En la invención, con el fin de suprimir la precipitación de MnS es necesario reducir el contenido de S en relación con el contenido de Mn además de reducir el contenido de S solo. En particular, el valor del producto del contenido de Mn y el contenido de S se limita a 0,0025 o menos. Esto se debe a que, si el valor del producto del contenido de Mn y el contenido de S es mayor de 0,0025, no es posible obtener suficiente resistencia a la fatiga en las inmediaciones de la parte soldada por resistencia eléctrica, aunque el contenido de Mn y el contenido de S satisfagan el intervalo apropiado arriba indicado.
- 35 El Cr es un elemento que mejora la templabilidad. Si el contenido de Cr es menor del 0,05%, no se puede esperar que esta función y efecto tengan una magnitud suficiente. Si el contenido de Cr sobrepasa el 1,0%, durante la soldadura por resistencia eléctrica se generan defectos con facilidad. Por lo tanto, el contenido de Cr se ajusta a un intervalo del 0,05% al 1,0%.
- 40 El Al es un elemento útil como un agente para desoxidar un acero fundido, y es preferible añadir un 0,01% o más de Al. El Al también es un elemento para fijar N y, por lo tanto, el contenido de Al tiene una influencia significativa en los tamaños de grano de cristal y en las propiedades mecánicas del acero. Si el contenido de Al sobrepasa el 0,08%, se forman grandes cantidades de inclusiones no metálicas y se generan fácilmente defectos superficiales en el producto final. Por lo tanto, el contenido de Al se ajusta al 0,08% o menos. El contenido de Al es preferiblemente del 0,05% o menos, y más preferiblemente del 0,03% o menos.
- 45 El Ti actúa mejorando de forma estable y eficaz la templabilidad obtenida mediante la adición de B, suprimiendo la precipitación de BN al fijar nitrógeno en el acero en forma de TiN. Por lo tanto, con el fin de satisfacer la estequiometría del TiN es necesario añadir Ti en una cantidad que corresponda al menos a 3,42 veces o más el contenido de N, y el intervalo del contenido de Ti también se determina automáticamente sobre la base del intervalo del contenido de N. No obstante, dado que el Ti se puede precipitar formando un carburo, el contenido de Ti se ajusta a un valor mayor que un valor teórico, es decir, en un intervalo del 0,005% al 0,05%, con el fin de fijar N con mayor seguridad. El contenido de Ti es preferiblemente del 0,01% al 0,02%.
- 50 El B es un elemento que mejora de forma significativa la templabilidad del material de acero cuando se añade en una pequeña cantidad. No obstante, si el contenido de B es menor del 0,0005%, no es posible esperar el efecto de mejora de la templabilidad. Si el contenido de B sobrepasa el 0,005%, tiende a formarse una fase gruesa que contiene B y se produce fácilmente una friabilidad. Por lo tanto, el contenido de B se ajusta a un intervalo del 0,0005% al 0,005%. El contenido de B es preferiblemente del 0,001% al 0,002%.
- 55 El N es un elemento que tiene la función de aumentar la firmeza del acero a través de la precipitación en forma de nitruros o carbonitruros. Sin embargo, en un acero con B añadido, un deterioro de la templabilidad causado por la precipitación de BN, o un deterioro de la capacidad de procesamiento en caliente, la resistencia a la fatiga o la tenacidad, causado por la precipitación de TiN como resultado del Ti añadido para evitar la precipitación de BN tal como se describe más arriba, resulta problemático. Por otro lado, el TiN tiene el efecto de suprimir el engrosamiento de granos γ a alta temperatura mejorando la tenacidad. Por lo tanto, con el fin de alcanzar un equilibrio óptimo entre la capacidad de procesamiento en caliente, la resistencia a la fatiga y la tenacidad, el contenido de N se ajusta al 0,006% o menos. El contenido de N es preferiblemente del 0,001% al 0,005%, y más preferiblemente del 0,002% al 0,004%.
- 60
- 65

- 5 El Ca es un elemento que mejora la tenacidad y que suprime la reducción de la resistencia a la fatiga causada por el MnS en las inmediaciones de la parte soldada por resistencia eléctrica, mediante la fijación de S en forma de CaS. Si el contenido de Ca es menor del 0,0005%, no se pueden esperar estos efectos en una magnitud suficiente. Por otro lado, si el contenido de Ca sobrepasa el 0,005%, la tenacidad se deteriora debido al aumento de óxidos en el acero. Por lo tanto, el contenido de Ca se ajusta a un intervalo del 0,0005% al 0,005%.
- 10 El O es un elemento que neutraliza el efecto obtenido mediante la adición de Ca a través de la formación de CaO. Por lo tanto, el contenido de O se limita al 0,004% o menos.
- 15 El estabilizador hueco de acuerdo con la invención tiene la composición química que incluye los componentes esenciales arriba mencionados, y además puede incluir Mo, Nb, V y Ni en caso necesario.
- 20 El Mo es un elemento que tiene el efecto de mejorar la templabilidad. Si el contenido de Mo es menor del 0,05%, no se puede esperar este efecto en suficiente medida. Por otro lado, si el contenido de Mo sobrepasa el 0,5%, el coste de la aleación aumenta. Por lo tanto, el contenido de Mo se ajusta a un intervalo del 0,05% al 0,5%.
- 25 El Nb tiene el efecto de reforzamiento de precipitación mediante la formación de carbonitruros de Nb, y también tiene el efecto de mejorar la tenacidad reduciendo el tamaño de grano de cristal del material de acero. Si el contenido de Nb es menor del 0,01%, no se puede lograr un efecto suficiente de mejora de la firmeza y la tenacidad. Por otro lado, si el contenido de Nb sobrepasa el 0,1%, no se pueden esperar más efectos y simplemente se incrementa el coste de la aleación. Por lo tanto, el contenido de Nb se ajusta a un intervalo del 0,01% al 0,1%.
- 30 El V tiene el efecto de reforzamiento de precipitación mediante carbonitruros de V. Si el contenido de V es menor del 0,01%, el efecto esperable no es suficiente. Por otro lado, si el contenido de V sobrepasa el 0,1%, no se pueden esperar más efectos y simplemente se incrementa el coste de la aleación. Por lo tanto, el contenido de V se ajusta a un intervalo del 0,01% al 0,1%.
- 35 El Ni es un elemento que tiene el efecto de mejorar la templabilidad y la tenacidad. Si el contenido de Ni es menor del 0,1%, el efecto esperable no es suficiente. Por otro lado, si el contenido de Ni sobrepasa el 1%, el coste de la aleación aumenta. Por lo tanto, el contenido de Ni se ajusta a un intervalo del 0,1% al 1,0%.
- 40 En la invención es necesario asegurar suficientemente la templabilidad del material con el fin de obtener el estabilizador hueco que tiene una estructura compuesta por martensita. Como índice de templabilidad se puede utilizar, por ejemplo, la velocidad crítica de enfriamiento V_{c90} (°C/s), conocida convencionalmente por "TETSU-TO-HAGANE" 74 (1998), P. 1073. Se trata de un índice representado por la siguiente Ecuación (1) y significa la velocidad de enfriamiento a la que la relación de volumen de martensita es del 90% o más. Por lo tanto, la templabilidad es mayor cuanto menor es la V_{c90} , y la estructura de martensita se puede obtener incluso si se reduce la velocidad de enfriamiento.
- 45 Ecuación (1): $\log V_{c90} = 2,94 - 0,75 \beta$
- 50 Aquí, $\beta = 2,7 C + 0,4 Si + Mn + 0,8 Cr + 2,0 Mo + 0,8 Ni$.
- 55 Los inventores produjeron tubos de acero soldados por resistencia eléctrica con diversas composiciones y examinaron la relación entre la V_{c90} y la dureza después del temple. Como resultado de ello se descubrió que, si la V_{c90} es de 40° C/s o menos, la estructura de martensita se puede formar con seguridad hasta el interior mediante temple en agua. Por esta razón, el límite superior de la V_{c90} se limita a 40° C/s en la invención. Los inventores examinaron además la relación entre la velocidad de enfriamiento y la dureza Rockwell C en una parte central en una dirección del espesor utilizando el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica nº 1, que contiene un 0,30% de C, un 0,30% de Si y un 0,35% de Cr, y que tiene una V_{c90} de 27,1° C/s tal como se muestra en la Tabla 1. La dureza Rockwell C (HRC) se midió de acuerdo con JIS Z 2245. Tal como se muestra en la Figura 7, si la velocidad de enfriamiento es de 20° C/s o más, se puede obtener la dureza correspondiente a la de la estructura compuesta por un 90% de martensita. Dado que la velocidad de enfriamiento durante el temple en agua es de 20° C/s o más, la estructura compuesta por un 90% o más de martensita se puede obtener mediante temple en agua.
- 60 La estructura metálica del estabilizador hueco de acuerdo con la invención se limita a una martensita revenida. Esto se debe a que se suprime la variación en la estructura y la dureza, y a que la dureza se ajusta con facilidad. Con el fin de asegurar la formación de la estructura de martensita hasta el interior por temple, la V_{c90} se ajusta a 40° C/s o menos para obtener la templabilidad suficiente del material. Mediante la observación bajo un microscopio óptico se puede determinar si la estructura metálica del estabilizador hueco es o no una martensita revenida.
- 65 Es preferible que la estructura metálica del tubo de acero para estabilizadores huecos, que se utiliza como material para el estabilizador hueco de acuerdo con la invención, comprenda una estructura mixta de ferrita y perlita. Mediante la observación bajo un microscopio óptico se puede determinar si la estructura metálica del tubo de acero para estabilizadores huecos comprende o no una estructura mixta de ferrita y perlita. Con frecuencia, el estabilizador hueco se produce mediante curvado en frío del tubo de acero. Por lo tanto, con el fin de asegurar suficiente capacidad de procesamiento en caliente, la dureza Rockwell B (HRB) es preferiblemente de 95 o menos. La capacidad de procesamiento se puede asegurar si la estructura

metálica comprende una estructura mixta de ferrita y perlita. La dureza Rockwell B (HRB) del tubo de acero para estabilizadores huecos se puede medir de acuerdo con JIS Z 2245.

La profundidad de la capa descarburada de ferrita sobre la superficie interior del tubo de acero para estabilizadores huecos de acuerdo con la invención se ajusta a 20 μm o menos. Como resultado de ello, la profundidad de la capa descarburada sobre la superficie interior del estabilizador hueco después del temple se puede reducir a menos de 20 μm . Aquí, la profundidad de la capa descarburada de ferrita es una profundidad máxima medida desde la superficie interior de una región en la que solo están dispuestos granos de ferrita y no hay nada de cementita presente en una dirección L, cuando la estructura metálica de la sección longitudinal (sección L) del tubo de acero se observa con un microscopio óptico.

La capa descarburada sobre la superficie interior del tubo de acero para estabilizadores huecos se forma, por ejemplo, en el intervalo de fase doble durante el enfriamiento a la temperatura ambiente después de someter el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica a laminado en caliente de reducción de diámetro. La capa descarburada se forma fácilmente sobre la superficie interior del tubo de acero para estabilizadores huecos cuando el tubo de acero pasa a través del intervalo de fase doble durante el enfriamiento desde una temperatura elevada a la que la estructura metálica está compuesta por una sola fase de austenita. La capa descarburada tiene una estructura metálica compuesta por ferrita, dado que el contenido de C, que es un elemento para estabilizar la austenita, es reducido en la misma. Con el fin de suprimir la formación de la capa descarburada sobre la superficie interior del tubo de acero para estabilizadores huecos, es preferible acortar el tiempo requerido para pasar a través del intervalo de fase doble.

La profundidad de la capa descarburada generada en la superficie interior del tubo de acero para un estabilizador hueco se puede reducir a 20 μm o menos, por ejemplo, suministrando agua a la superficie exterior del tubo de acero obtenido sometiendo el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica a laminado en caliente de reducción de diámetro y ajustando la velocidad de enfriamiento durante el paso a través del intervalo de fase doble a 5° C/s o más. Aunque el agua para el enfriamiento puede ser suministrada únicamente a la superficie exterior del tubo de acero para estabilizadores huecos, también es posible suministrar agua a la superficie interior además de a la superficie exterior. Aumentando la velocidad de enfriamiento de la superficie interior del tubo de acero para estabilizadores huecos se puede reducir adicionalmente la profundidad de la capa descarburada.

A continuación se describe el método para producir el tubo de acero para estabilizadores huecos de acuerdo con la invención. En primer lugar, un acero líquido, fundido para proporcionar una composición química requerida, se moldea por colada en forma de una plancha, o el acero líquido se conforma como un lingote y a continuación se procesa para obtener una barra de sección cuadrada mediante laminado en caliente, y la plancha o la barra de sección cuadrada se someten después a laminado en caliente para obtener una chapa de acero laminada en caliente. La chapa de acero laminada en caliente se procesa para obtener un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica mediante un método para producir el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica convencional, por ejemplo soldadura por resistencia eléctrica en caliente o en frío o calentamiento por inducción de alta frecuencia. El tubo de acero soldado por resistencia eléctrica obtenido se puede someter adicionalmente a laminado en caliente de reducción de diámetro para producir un tubo de acero de pared gruesa.

El laminado de reducción de diámetro se puede realizar utilizando un reductor de estiramiento. El reductor de estiramiento es un laminador provisto de múltiples puestos de laminado dispuestos en serie con el eje de laminado, teniendo cada uno de los múltiples puestos de laminado 3 o 4 rodillos dispuestos alrededor del eje de laminado. La tensión en la dirección del eje de tubo (dirección de laminado) del tubo de acero y la fuerza de compresión en la dirección circunferencial del tubo de acero se controlan ajustando el número de revoluciones de los rodillos y la fuerza de laminado en cada uno de los puestos de laminado del laminador, con lo que se puede lograr el laminado de reducción de diámetro para aumentar la relación espesor de pared/diámetro exterior.

Es decir, en el laminado de reducción de diámetro, la fuerza de laminado reduce el diámetro exterior con respecto al diámetro exterior del tubo de acero, y al mismo tiempo aumenta el espesor de pared. Por otro lado, la tensión que actúa en la dirección del eje de tubo del tubo de acero reduce el espesor de pared. Por lo tanto, el espesor de pared final está determinado por el equilibrio entre ambas circunstancias. Dado que el espesor de pared del tubo de acero obtenido mediante laminado de reducción de diámetro está determinado principalmente de acuerdo con la tensión entre los puestos de laminado, es necesario calcular la tensión entre los puestos de laminado para obtener el espesor de pared deseado sobre la base de la teoría de laminado o similares, y para ajustar la cantidad de revoluciones de un rodillo en cada uno de los puestos de laminado para ejercer la tensión.

El laminado de reducción de diámetro se realiza preferiblemente con una reducción en el área de sección transversal del 40% al 80% utilizando el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica calentado a una temperatura de 800° C a 1.200° C. El tubo de acero para estabilizadores huecos es preferiblemente un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica obtenido mediante laminado en caliente de reducción de diámetro, pero no está limitado a éste. El tubo de acero para estabilizadores huecos puede ser un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica en estado soldado por resistencia eléctrica, o un tubo estirado obtenido mediante estirado en frío después de la soldadura por resistencia eléctrica.

Ejemplo de producción 1 de estabilizador: conformación en frío

A continuación se explica el ejemplo de producción 1 del estabilizador con referencia a la Figura 8. Un tubo de acero (por ejemplo un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica, un tubo sin costura, un tubo obtenido mediante laminado en

caliente de reducción de diámetro, o un tubo estirado de los mismos) cortado a una longitud predeterminada se somete a conformación por curvado (proceso de conformación por curvado) para darle la forma deseada mostrada en la Figura 2. El tubo de acero conformado por curvado se calienta a una región de temperatura de austenitización (proceso de calentamiento) mediante calentamiento en horno o calentamiento eléctrico, o utilizando un calentador de alta frecuencia, y después se somete a temple (proceso de temple) en agua (o en otro medio de temple). Posteriormente, la forma de la barra estabilizadora deformada por calor se corrige a una forma de estabilizador prevista (proceso de corrección de forma) y se somete a revenido (proceso de revenido). El tubo revenido se somete a martilleo con granalla (proceso de martilleo con granalla) únicamente en lo que respecta a la superficie exterior, o a las superficies exterior e interior, y después se reviste utilizando un material de revestimiento deseado (proceso de revestimiento). Aquí se puede omitir la corrección de forma (proceso de corrección de forma) si se lleva a cabo un temple restringido.

Ejemplo de producción 2 de estabilizador: conformación en caliente

A continuación se explica el ejemplo de producción 2 del estabilizador con referencia a la Figura 9. Un tubo de acero (por ejemplo un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica, un tubo sin costura, un tubo obtenido mediante laminado en caliente de reducción de diámetro, o un tubo estirado de los mismos) cortado a una longitud predeterminada se calienta a una región de temperatura de austenitización (proceso de calentamiento) mediante calentamiento en horno o calentamiento eléctrico, o utilizando un calentador de alta frecuencia, y después se somete a conformación por curvado (proceso de conformación por curvado) para darle la forma deseada mostrada en la Figura 2. El tubo de acero conformado por curvado se somete después a temple (proceso de temple) en agua (o en otro medio de temple). Posteriormente, la forma de la barra estabilizadora deformada por calor se corrige a una forma de estabilizador prevista (proceso de corrección de forma) y se somete a revenido (proceso de revenido). El tubo revenido se somete a martilleo con granalla (proceso de martilleo con granalla) únicamente en lo que respecta a la superficie exterior, o a las superficies exterior e interior, y después se reviste utilizando un material de revestimiento deseado (proceso de revestimiento). Aquí se puede omitir la corrección de forma (proceso de corrección de forma) si se lleva a cabo un temple restringido.

En la conformación en caliente, el temple se lleva a cabo después de la conformación por curvado para transformar la estructura metálica del estabilizador hueco en martensita. Por lo tanto, es necesario terminar la conformación por curvado a la temperatura del punto de transformación A_{c3} o a una temperatura superior. En el temple después de la conformación en frío, la temperatura de calentamiento es preferiblemente de 900° C o más, y más preferiblemente de 950° C o más. La temperatura de revenido se determina sobre la base de la curva de revenido-reblandecimiento del tubo de acero para estabilizadores huecos. La Figura 10 muestra la curva de revenido-reblandecimiento del tubo de acero soldado por resistencia eléctrica nº 1, que contiene un 0,30% de C, un 0,30% de Si y un 0,35% de Cr, y que tiene una V_{c90} de 27,1° C tal como se muestra en la Tabla 1. La temperatura de revenido a la que se obtiene la dureza Rockwell C (HRC) de 40 a 50 se puede determinar sobre la base de la curva de revenido-reblandecimiento mostrada en la Figura 9.

EJEMPLOS

Ejemplo 1

La presente invención se describe a continuación de forma más detallada con referencia a los ejemplos. Cada uno de los aceros con las composiciones mostradas en la Tabla 1 se fundió y se moldeó por colada en forma de una plancha. La plancha se calentó después a 1.200° C y se laminó en caliente formando una chapa de acero de 5 mm de espesor a una temperatura de acabado en caliente de 890° C y una temperatura de enrollamiento de 630° C. La chapa de acero obtenida se cortó a una anchura predeterminada, se laminó en una forma tubular y después se sometió a soldadura por resistencia eléctrica de alta frecuencia para producir un tubo de acero de 90 mm de diámetro exterior. El tubo de acero soldado por resistencia eléctrica obtenido se calentó a continuación a 980° C mediante calentamiento por inducción de alta frecuencia y después se sometió a laminado de reducción de diámetro, produciendo de este modo un tubo de acero (tubo de acero para estabilizadores huecos) con un diámetro exterior de 30 mm y un espesor de pared de 4,5 mm (t/D : 0,15) o un tubo de acero (tubo de acero para estabilizadores huecos) con un diámetro exterior de 22 mm y un espesor de pared de 4,5 mm (t/D : 0,20). Inmediatamente después del laminado de reducción de diámetro, el tubo se enfrió con agua desde el lado superficial exterior a una velocidad de enfriamiento de 1° C/s a 5° C/s.

Tabla 1

Acero nº	Componentes (% en masa)																[Mn]	Vc90	Nota
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb	V	Ti	Al	N	B	Ca	O	x[S]	(°C/s)	
1	0,30	0,30	0,80	0,006	0,0020	0,35	----	----	----	----	0,017	0,020	0,0045	0,0015	0,0021	0,0032	0,0016	27,1	Acero adaptado
2	0,28	0,22	0,81	0,010	0,0025	0,33	----	----	----	----	0,015	0,020	0,0035	0,0015	0,0019	0,0028	0,0020	31,7	
3	0,26	0,29	0,77	0,007	0,0026	0,33	----	----	----	----	0,016	0,022	0,0048	0,0015	0,0019	0,0022	0,0020	35,6	
4	0,28	0,34	0,64	0,009	0,0025	0,56	----	----	----	----	0,015	0,022	0,0038	0,0017	0,0025	0,0034	0,0016	28,5	
5	0,28	0,30	0,95	0,005	0,0015	0,23	----	----	----	----	0,012	0,020	0,0029	0,0013	0,0020	0,0025	0,0014	27,1	
6	0,28	0,30	0,79	0,013	0,0025	0,35	----	----	----	----	0,020	0,021	0,0056	0,0015	0,0025	0,0022	0,0020	30,2	
7	0,28	0,30	0,79	0,013	0,0025	0,35	----	----	----	----	0,020	0,021	0,0056	0,0015	0,0025	0,0022	0,0020	30,2	
8	0,30	0,30	0,80	0,006	0,0020	0,35	----	----	0,017	----	0,017	0,020	0,0045	0,0015	0,0021	0,0032	0,0016	27,1	
9	0,28	0,22	0,81	0,010	0,0025	0,33	----	0,057	----	----	0,015	0,020	0,0035	0,0015	0,0019	0,0028	0,0020	26,1	
10	0,26	0,29	0,77	0,007	0,0026	0,33	0,19	----	----	----	0,016	0,022	0,0048	0,0015	0,0019	0,0022	0,0020	27,4	
11	0,28	0,34	0,64	0,009	0,0025	0,56	----	----	----	0,035	0,015	0,022	0,0038	0,0017	0,0025	0,0034	0,0016	28,5	
12	<u>0,22</u>	0,20	0,55	0,015	<u>0,0032</u>	0,35	----	----	----	----	0,015	0,029	0,0048	0,0015	----	0,0030	0,0018	<u>64,9</u>	Acero comparativo
13	0,28	0,22	0,93	0,009	0,0028	0,35	----	----	----	----	0,015	0,020	0,0045	0,0015	0,0018	<u>0,0045</u>	<u>0,0026</u>	25,1	
14	0,28	0,25	<u>1,10</u>	0,015	<u>0,0040</u>	0,20	----	----	----	----	0,015	0,030	0,0036	0,0011	----	0,0028	<u>0,0044</u>	22,5	
15	<u>0,32</u>	0,25	<u>1,30</u>	0,015	<u>0,0062</u>	0,33	----	----	----	----	0,015	0,030	0,0044	0,0014	0,0032	0,0022	<u>0,0081</u>	11,1	

"----" en la tabla significa que el componente no se ha añadido intencionadamente.

El subrayado en la tabla significa que el valor está fuera del intervalo de la invención.

5 La estructura metálica de los tubos de acero para estabilizadores huecos obtenidos se observó bajo un microscopio óptico, y se confirmó que todos los tubos de acero obtenidos tenían una estructura metálica compuesta por una estructura mixta de ferrita y perlita con una profundidad de una capa descarburada en la superficie interior de 15 µm o menos. La dureza Rockwell se determinó de acuerdo con JIS Z 2245 y, como resultado de ello, se comprobó que la dureza Rockwell de todos los tubos de acero para estabilizadores huecos correspondía a una dureza Rockwell B (HRB) de 95 o menos. Además, la presencia de MnS con una longitud superior a 150 µm se confirmó utilizando un microscopio óptico, un SEM y una EDS en combinación, y, como resultado de ello, los Ejemplos Comparativos de los nº H a K presentaban MnS con una longitud superior a 150 µm, tal como se muestra en la Tabla 2.

10 Los tubos de acero para estabilizadores huecos obtenidos se cortaron en la parte soldada por resistencia eléctrica o en una posición situada a 180° en el lado opuesto a la parte soldada por resistencia eléctrica tal como se muestra en la Figura 3(a) y se desenrollaron en frío, obteniendo de este modo una pieza a modo de placa tal como se muestra en la Figura 3(b). Además, los tubos de acero para estabilizadores huecos se calentaron a 950° C durante 10 minutos y se templaron con agua, y después se sometieron a revenido a una temperatura diferente. La dureza Rockwell C (HRC) del producto resultante se determinó de acuerdo con JIS Z 2245 para obtener una curva de revenido-reblandecimiento.

15 La pieza a modo de placa obtenida cortando el tubo de acero para un estabilizador hueco en una posición situada a 180° en el lado opuesto a la parte soldada por resistencia eléctrica y extendida tal como se muestra en las Figuras 3(a) y 3(b) se procesó para obtener una muestra de ensayo de fatiga por flexión recta en la que la parte soldada por resistencia eléctrica está situada en una posición central en una dirección longitudinal, tal como se muestra en las Figuras 4(a) y 4(b). De modo similar, la pieza a modo de placa obtenida cortando el tubo de acero para estabilizadores huecos en la parte soldada por resistencia eléctrica y desenrollando el mismo se procesó para obtener una muestra de ensayo de fatiga por flexión recta en la que el metal de base está situado en una posición central en una dirección longitudinal. En la posición central en una dirección longitudinal, el espesor (ta) se ajustó a 3 mm y la anchura (Wa) se ajustó a 15 mm. Cada una de las muestras se sometió a revenido para impartir una dureza Rockwell C (HRC) de 40 sobre la base de la curva de revenido-reblandecimiento, y se sometió a un ensayo de fatiga por flexión recta con un límite de fatiga de 5 millones de ciclos. Los resultados se muestran en la Tabla 2. Aquí, el tiempo de mantenimiento para el revenido se ajustó a 30 minutos.

20 A partir de los resultados mostrados en la Tabla 2 se comprobó que cada uno de los tubos de acero de los nº A a K de los ejemplos de la invención tiene buenas propiedades de fatiga en la parte soldada por resistencia eléctrica, ya que la diferencia en el límite de fatiga entre el metal de base y la parte soldada por resistencia eléctrica es tan solo de 15 MPa o menos. Por otro lado se comprobó que cada uno de los tubos de acero de los nº L a O de los ejemplos comparativos tiene unas propiedades de fatiga considerablemente deterioradas en la parte soldada por resistencia eléctrica en comparación con el metal de base, ya que la diferencia en el límite de fatiga entre el metal de base y la parte soldada por resistencia eléctrica es tan grande como 140 MPa o más. La superficie de rotura de la muestra después del ensayo de fatiga por flexión recta se observó bajo un SEM, y la composición de la inclusión presente en el origen de rotura de la rotura por fatiga se analizó utilizando una EDS acoplada con el SEM. Como resultado de ello, en los ejemplos comparativos L a O, en los que la parte soldada por resistencia eléctrica está situada en una posición central en una dirección longitudinal, se confirmó la presencia de MnS en el origen de rotura.

Tabla 2

Tubo de acero n°	Acero n°	Espesor de pared (t) mm	Diámetro exterior (D) mm	Relación t/D	HRB	Estructura metálica	Presencia de MnS con una longitud superior a 150 µm	Profundidad de capa descarburada en la superficie interior	Método de producción	HRC	Límite de fatiga (MPa) en un ensayo de fatiga por flexión recta			Nota
											Metal de Base B	Parte soldada por resistencia eléctrica W	Diferencia (B - W)	
A	1	4,5	30	0,15	94	Ferrita y perlita	Ausente	Ausente	Laminado en caliente	40	480	465	15	Ejemplo de la invención
B	2	4,5	30	0,15	92	Ferrita y perlita	Ausente	Ausente	Laminado en caliente	40	480	465	15	
C	3	4,5	30	0,15	90	Ferrita y perlita	Ausente	5 µm	Laminado en caliente	40	480	465	15	
D	4	4,5	30	0,15	92	Ferrita y perlita	Ausente	10 µm	Laminado en caliente	40	480	465	15	
E	5	4,5	30	0,15	92	Ferrita y perlita	Ausente	Ausente	Laminado en caliente	40	480	465	15	
F	6	4,5	30	0,15	92	Ferrita y perlita	Ausente	Ausente	Laminado en caliente	40	480	465	15	
G	7	4,5	30	0,15	92	Ferrita y perlita	Ausente	Ausente	Laminado en caliente	40	480	465	15	
H	8	4,5	30	0,20	94	Ferrita y perlita	Ausente	Ausente	Estirado en frío	40	480	465	15	
I	9	4,5	30	0,15	93	Ferrita y perlita	Ausente	Ausente	Laminado en caliente	40	480	470	10	
J	10	4,5	30	0,15	91	Ferrita y perlita	Ausente	Ausente	Laminado en caliente	40	480	465	15	
K	11	4,5	30	0,15	92	Ferrita y perlita	Ausente	Ausente	Laminado en caliente	40	480	465	15	

Tubo de acero n°	Acero n°	Espesor de pared (t) mm	Diámetro exterior (D) mm	Relación t/D	HRB	Estructura metálica	Presencia de MnS con una longitud superior a 150 µm	Profundidad de capa descarburada en la superficie interior	Método de producción	HRC	Límite de fatiga (MPa) en un ensayo de fatiga por flexión recta			Nota
											Metal de Base B	Parte soldada por resistencia eléctrica W	Diferencia (B - W)	
L	12	4,5	30	0,15	85	Ferrita y perlita	<u>Presente</u>	15 µm	Laminado en caliente	40	485	310	175	Ejemplo comparativo
M	13	4,5	30	0,15	92	Ferrita y perlita	<u>Presente</u>	Ausente	Laminado en caliente	40	480	340	140	
N	14	4,5	30	0,15	92	Ferrita y perlita	<u>Presente</u>	Ausente	Laminado en caliente	40	485	300	185	
O	15	4,5	30	0,15	95	Ferrita y perlita	<u>Presente</u>	Ausente	Laminado en caliente	40	480	300	180	
P	1	4,5	30	0,15	94	Ferrita y perlita	Ausente	<u>25 µm</u>	Laminado en caliente	40	480	465	15	
Q	1	4,0	30	<u>0,13</u>	94	Ferrita y perlita	Ausente	Ausente	Laminado en caliente	40	480	465	15	
R	1	4,5	30	0,15	<u>98</u>	Ferrita y bainita	Ausente	Ausente	Laminado en caliente	40	480	465	15	

Laminado en caliente: laminado en caliente de reducción de diámetro.

El subrayado en la tabla significa que el valor está fuera del intervalo de la invención.

5 **Ejemplo 2**

A cada uno de los tubos de acero A a R producidos en el Ejemplo 1 se les recortó un segmento de 1.000 mm de longitud, que se curvó en frío hasta un ángulo de 90° en una posición a 200 mm de cada extremo del tubo, configurándolo de este modo en forma de U. En ese momento, el tubo en forma de U se conformó de tal modo que la parte soldada por resistencia eléctrica quedó situada en la parte que se puede ver al mirar desde la dirección que da un aspecto de forma de U, es decir, a lo largo de la superficie lateral del tubo en forma de U, obteniendo de este modo los Materiales de Ensayo "a" a "v". Los Materiales de Ensayo "a" a "n" (pero no el Material de Ensayo "c"), como ejemplos de la invención, se calentaron a 950° C durante 10 minutos y se sometieron a temple en agua, y después se sometieron a revenido a 200° C durante 30 minutos, ajustando de este modo la HRC de los mismos a 49. El Material de Ensayo "c" se calentó a 950° C durante 10 minutos y se sometió a temple en agua, y después se sometió a revenido a 350° C durante 30 minutos, ajustando de este modo la HRC del mismo a 43. Además, en lo que respecta a los Materiales de Ensayo "a" a "v", después del calentamiento, la superficie exterior de cada Material de Ensayo se sometió a martilleo con granalla para impartir una tensión residual de compresión en 450 MPa. Además, en lo que respecta a los Materiales de Ensayo "b" y "f", la superficie interior de los mismos también se sometió a martilleo con granalla para obtener una tensión residual de compresión en 450 MPa.

5 Los Materiales de Ensayo "r" y "s" se produjeron utilizando como material el acero comparativo (Acero 12 en la Tabla 1), que tenía una composición química típica para estabilizadores huecos utilizados convencionalmente y, por lo tanto, contenía niveles bajos de C en el acero y no podía alcanzar una HRC de 49. Por consiguiente, el Material de Ensayo "r" se ajustó a una HRC de 47, que es el límite superior de dureza alcanzable, y el Material de Ensayo "s" se ajustó a una HRC de 40, que es el límite superior de dureza en el uso práctico.

10 Para comparar se prepararon los siguientes materiales de ensayo utilizando como material Acero 1, que es un acero adaptado mostrado en la Tabla 1: Material de Ensayo "o", en el que la profundidad de la capa descarbonada en la parte superficial interior es de 25 µm; el Material de Ensayo "p", en el que la relación de espesor de pared/diámetro exterior es de 0,13; y el Material de Ensayo "q", que tiene una estructura de bainita con una HRC de 35 producida con una velocidad de enfriamiento durante el temple de 15° C/s, que es más lenta en comparación con el caso del temple en agua.

15 Cada uno de los Materiales de Ensayo "a" a "v" se fijó en una posición central en una dirección longitudinal, y la resistencia a la fatiga se ensayó hasta 1 millón de ciclos sometiendo a vibración los extremos respectivos del mismo en el sentido opuesto bajo una condición de tensión principal máxima sobre la superficie exterior de la parte de flexión de 500 MPa. Cada ensayo se llevó a cabo con respecto a 20 muestras para cada Material de Ensayo. La observación de la estructura metálica de los Materiales de Ensayo y la medición de la profundidad de la capa descarbonada en la parte superficial interior se llevaron a cabo utilizando un microscopio óptico. La dureza Rockwell se midió de acuerdo con JIS Z 2245. La presencia de MnS con una longitud superior a 150 µm se confirmó utilizando un SEM y una EDS en combinación.

20 Tal como se muestra en la Tabla 3, en todos los Materiales de Ensayo "a" a "n", como ejemplos de la invención, el número de ciclos hasta la fatiga sobrepasaba el medio millón, lo que cumple una normativa de resistencia a la fatiga. En los Materiales de Ensayo "c" a "e", "g" y "h", en los que no se llevó a cabo martilleo con granalla con respecto a la superficie interior, la rotura se iniciaba a veces desde el lado de la superficie interior, aunque el número de ciclos hasta la fatiga en los materiales respectivos sobrepasaba el medio millón.

25 Por otro lado, en el Material de Ensayo "o", en el que la profundidad de la capa descarbonada en la parte superficial interior sobrepasa 20 µm, y el Material de Ensayo "p", en el que t/D es tan solo de 0,13, el número de muestras que presentaban rotura en la superficie interior es grande, y la cantidad de ciclos hasta la fatiga no siempre llegaba al medio millón, lo que no cumplía una normativa de resistencia a la fatiga. En el Material de Ensayo "q", que tenía una estructura de bainita con una HRC de tan solo 35, el número de ciclos hasta la fatiga era significativamente bajo.

30 En cada uno de los Materiales de Ensayo "r" a "v", como ejemplos comparativos producidos utilizando los aceros comparativos, el acero presentaba MnS con una longitud superior a 150 µm y, por lo tanto, a veces se producía rotura en una etapa temprana, desde las inmediaciones de la parte soldada por resistencia eléctrica sobre la superficie superior, en más de 2 muestras de 20 muestras.

Tabla 3

Material de ensayo nº	Acero nº	Tubo de acero nº	Espesor de pared mm	Diámetro exterior µm	Relación t/D	HRC	Presencia de MnS con una longitud superior a 150 µm	Estructura	Profundidad de capa descarbonada	Posición de martilleo	Número de ciclos hasta fatiga a 500 MPa (ciclos)		Número de rotura (número)		Nota
											mínimo	máximo	Cara exterior	Cara interior	
a	1	A	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior	>1.000.000	>1.000.000	0	0	Ejemplo de la invención
b	1	A	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior + interior	>1.000.000	>1.000.000	0	0	
c	1	A	4,5	30	0,15	43	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior	946.400	>1.000.000	0	1	
d	2	B	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	5 µm	Exterior	788.300	>1.000.000	0	2	
e	3	C	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	10 µm	Exterior	675.200	>1.000.000	0	4	
f	3	C	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	10 µm	Exterior + interior	>1.000.000	>1.000.000	0	0	
g	4	D	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior	866.900	>1.000.000	0	1	
h	5	E	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior	911.200	>1.000.000	0	1	
i	6	F	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior	>1.000.000	>1.000.000	0	0	
j	7	G	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior	>1.000.000	>1.000.000	0	0	
k	8	H	4,5	22	0,20	49	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior	>1.000.000	>1.000.000	0	0	

ES 2 691 085 T3

Material de ensayo n°	Acero n°	Tubo de acero n°	Espesor de pared mm	Diámetro exterior μm	Relación t/D	HRC	Presencia de MnS con una longitud superior a 150 μm	Estructura	Profundidad de capa descarbonada	Posición de martilleo	Número de ciclos hasta fatiga a 500 MPa (ciclos)		Número de rotura (número)		Nota
											mínimo	máximo	Cara exterior	Cara interior	
l	9	I	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior	>1.000.000	>1.000.000	0	0	
m	10	J	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior	>1.000.000	>1.000.000	0	0	
n	11	K	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior	>1.000.000	>1.000.000	0	0	
o	1	P	4,5	30	0,15	49	Ausente	Martensita revenida	<u>25 μm</u>	Exterior	483.900	>1.000.000	0	6	Ejemplo comparativo
p	1	Q	4,0	30	<u>0,13</u>	49	Ausente	Martensita revenida	Ausente	Exterior	455.600	>1.000.000	0	17	
q	1	R	4,5	30	0,15	<u>35</u>	Ausente	<u>Bainita</u>	Ausente	Exterior	78.600	91.200	20	0	
r	12	L	4,5	30	0,15	47	<u>Presente</u>	Martensita revenida	15 μm	Exterior	262.700	875.200	16	4	
s	12	L	4,5	30	0,15	40	<u>Presente</u>	Martensita revenida	15 μm	Exterior	162.700	512.700	20	0	
t	13	M	4,5	30	0,15	49	<u>Presente</u>	Martensita revenida	Ausente	Exterior	255.000	>1.000.000	2	2	
u	14	N	4,5	30	0,15	49	<u>Presente</u>	Martensita revenida	Ausente	Exterior	283.000	>1.000.000	2	0	
v	15	O	4,5	30	0,15	49	<u>Presente</u>	Martensita revenida	Ausente	Exterior	122.700	>1.000.000	2	1	

"Relación t/D": relación de espesor de pared/diámetro exterior; "Exterior": superficie exterior; y "Exterior + interior": superficie exterior y superficie interior.

El subrayado en la tabla significa que el valor está fuera del intervalo de la invención.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

5 De acuerdo con la invención se puede proporcionar un estabilizador hueco para automóviles que tiene una excelente resistencia a la fatiga y una firmeza superior en comparación con los estabilizadores huecos convencionales, mientras se mantienen propiedades de fatiga y propiedades de retraso de rotura equivalentes a las de los estabilizadores huecos convencionales para automóviles. Dicho estabilizador hueco puede contribuir considerablemente a reducir el peso de automóviles.

10 DESCRIPCIÓN DE NÚMEROS DE REFERENCIA

- 10: Estabilizador
- 11: Parte de torsión
- 12: Parte de brazo
- 12a: Extremo (de parte de brazo)
- 15 14: Cojinete
- 15 15: Mecanismo de suspensión
- 16: Tubo de acero soldado por resistencia eléctrica
- 17: Metal de base
- 18: Fluencia de metal
- 20 19: Parte soldada
- 20 20: MnS
- 21: Tubo de acero soldado por resistencia eléctrica
- 22: Placa para una muestra de ensayo de fatiga por flexión
- 23: Parte soldada por resistencia eléctrica
- 25 24: Muestra de ensayo de fatiga

REIVINDICACIONES

1. Un estabilizador hueco que tiene una composición química que comprende como componentes químicos, en términos de % en masa:

- 5 del 0,26% al 0,30% de C,
- del 0,05% al 0,35% de Si,
- del 0,5% al 1,0% de Mn,
- 10 del 0,05% al 1,0% de Cr,
- del 0,005% al 0,05% de Ti,
- del 0,0005% al 0,005% de B, y
- del 0,0005% al 0,005% de Ca,

en donde:

- 15 Al, P, S, N, y O están limitados al 0,08% o menos, al 0,05% o menos, a menos del 0,0030%, al 0,006% o menos, y al 0,004% o menos, respectivamente,
- la composición química comprende opcionalmente uno o más de:
- 20 del 0,05% al 0,5% de Mo,
- del 0,01% al 0,1% de Nb,
- del 0,01% al 0,1% de V, o
- del 0,1% al 1,0% de Ni,
- una parte restante de la composición química consiste en Fe e impurezas inevitables,
- 25 un valor de un producto del contenido de Mn y el contenido de S es de 0,0025 o menos, y
- una velocidad crítica de enfriamiento Vc90 representada por la siguiente Ecuación (1) es de 40° C/s o menos:

$$\text{Ecuación (1): } \log Vc90 = 2,94 - 0,75 \beta$$

en donde $\beta = 2,7 C + 0,4 Si + Mn + 0,8 Cr + 2,0 Mo + 0,8 Ni$; y en donde:

- 30 una estructura metálica comprende una martensita revenida,
- una longitud de MnS alargado presente en una parte central en una dirección del espesor del estabilizador hueco es de 150 μm o menos,
- 35 una dureza Rockwell C (HRC) es de 40 a 50,
- una relación de espesor de pared/diámetro exterior es de 0,14 o más, y
- una profundidad de una capa descarburada en una parte superficial interior del estabilizador hueco es de 20 μm o menos desde la superficie interior.

2. El estabilizador hueco según la reivindicación 1, que además comprende, en términos de % en masa, uno o más de:

- 40 del 0,05% al 0,5% de Mo,
- del 0,01% al 0,1% de Nb,
- del 0,01% al 0,1% de V, o
- 45 del 0,1% al 1,0% de Ni,
- en donde, en la Ecuación (1), $\beta = 2,7 C + 0,4 Si + Mn + 0,8 Cr + 2,0 Mo + 0,8 Ni$.

3. El estabilizador hueco según la reivindicación 1 o 2, en el que una tensión residual de compresión máxima sobre una superficie exterior es de 400 MPa o más.

4. El estabilizador hueco según la reivindicación 3, en el que la superficie exterior y la superficie interior se someten a martilleo con granalla.

5. Un tubo de acero para un estabilizador hueco utilizado como un material para el estabilizador hueco según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, teniendo el tubo de acero una composición química que comprende como componentes químicos, en términos de % en masa:

- 55 del 0,26% al 0,30% de C,
- del 0,05% al 0,35% de Si,
- del 0,5% al 1,0% de Mn,
- 60 del 0,05% al 1,0% de Cr,
- del 0,005% al 0,05% de Ti,
- del 0,0005% al 0,005% de B, y
- del 0,0005% al 0,005% de Ca,

en donde:

ES 2 691 085 T3

Al, P, S, N, y O están limitados al 0,08% o menos, al 0,05% o menos, a menos del 0,0030%, al 0,006% o menos, y al 0,004% o menos, respectivamente,

la composición química comprende opcionalmente uno o más de:

del 0,05% al 0,5% de Mo,

del 0,01% al 0,1% de Nb,

del 0,01% al 0,1% de V, o

del 0,1% al 1,0% de Ni,

una parte restante de la composición química consiste en Fe e impurezas inevitables,

un valor de un producto del contenido de Mn y el contenido de S es de 0,0025 o menos, y

una velocidad crítica de enfriamiento V_{c90} representada por la siguiente Ecuación (1) es de 40° C/s o menos:

$$\text{Ecuación (1): } \log V_{c90} = 2,94 - 0,75 \beta$$

en donde $\beta = 2,7 C + 0,4 Si + Mn + 0,8 Cr + 2,0 Mo + 0,8 Ni$;

y en donde:

una estructura metálica comprende una estructura mixta de ferrita y perlita,

una longitud de MnS alargado presente en una parte central en una dirección del espesor del tubo de acero es de 150 μm o menos,

una dureza Rockwell B (HRB) es de 95 o menos,

una relación de espesor de pared/diámetro exterior es de 0,14 o más, y

una profundidad de una capa descarburada en una parte superficial interior del tubo de acero es de 20 μm o menos desde la superficie interior.

6. Un método para producir el tubo de acero para un estabilizador hueco según la reivindicación 5, en donde:

el tubo de acero es un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica; y

el método comprende un proceso para someter el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica a calentamiento, después de la soldadura por resistencia eléctrica, a una temperatura de 800° C a 1.200° C y a laminado en caliente de reducción de diámetro hasta una reducción en el área de sección transversal del 40% al 80%.

7. Un método para producir el tubo de acero para un estabilizador hueco según la reivindicación 5, en donde:

el tubo de acero es un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica; y

el método comprende un proceso para alargar el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica mediante estirado en frío después de la soldadura por resistencia eléctrica.

FIG.1

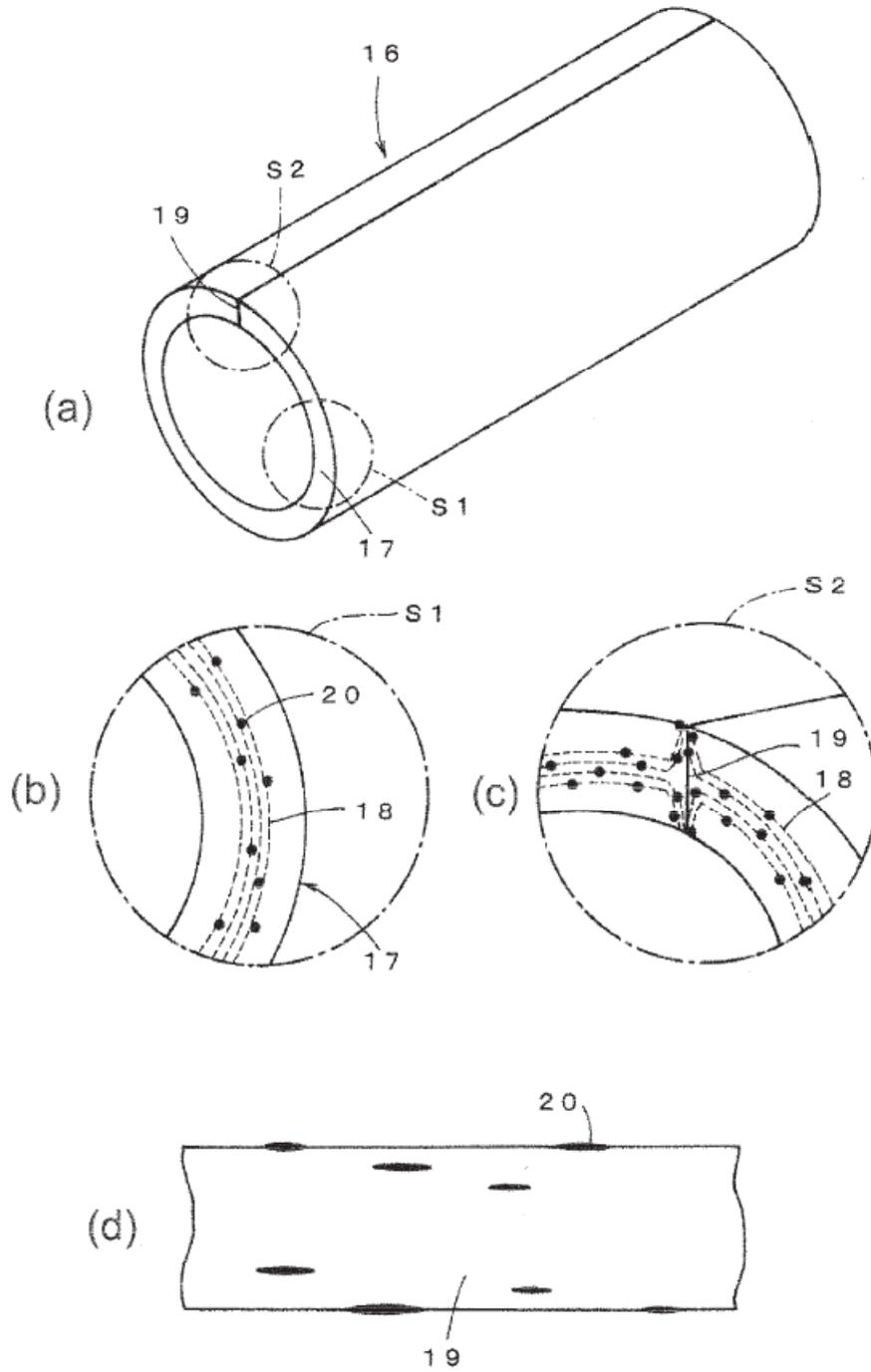


FIG.2

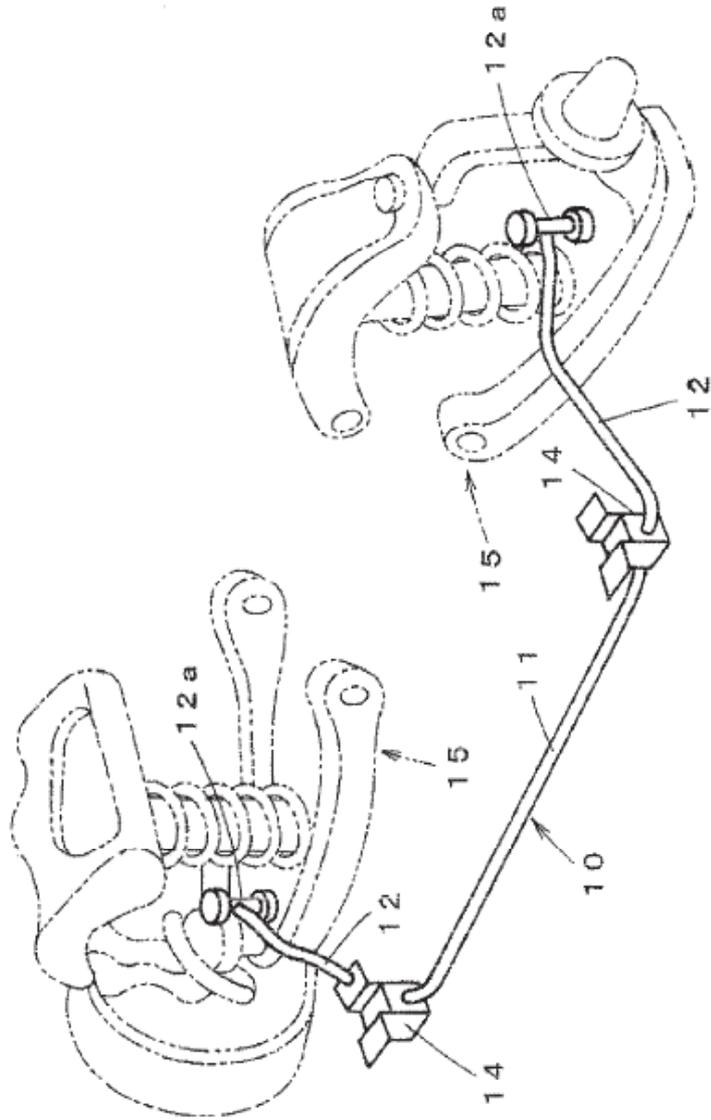


FIG.3

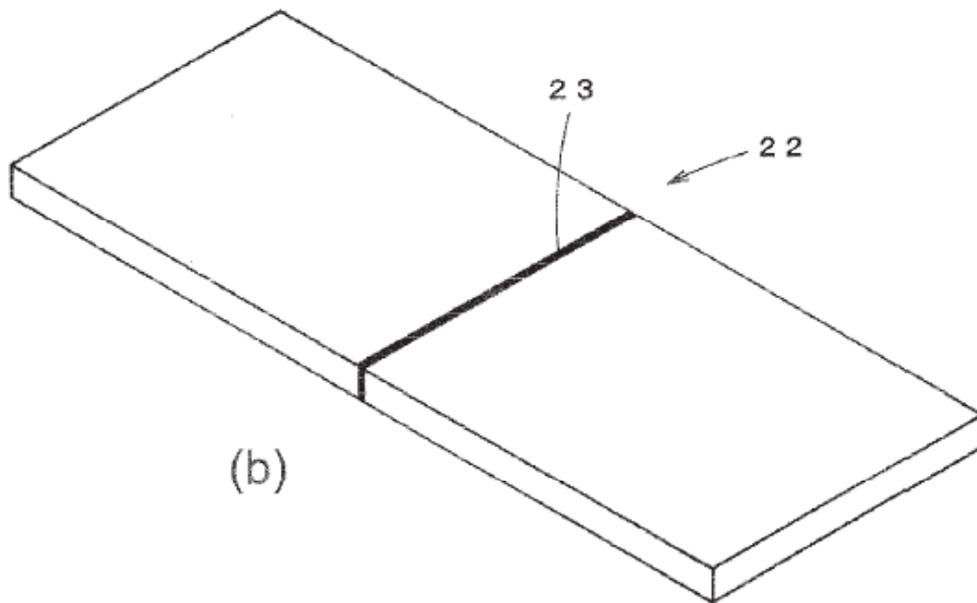
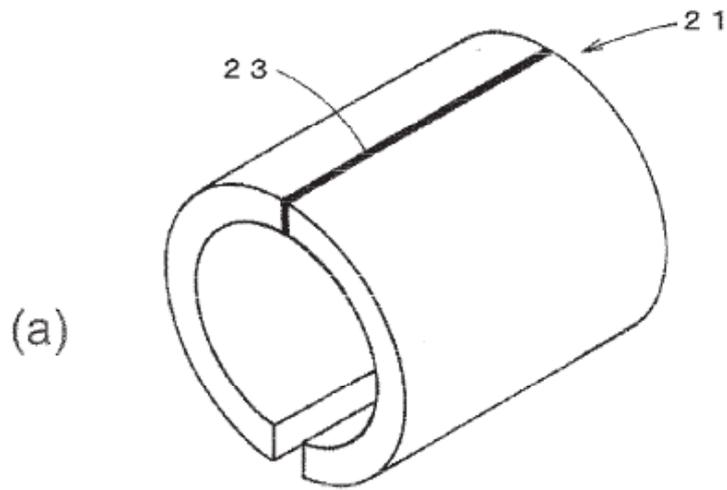


FIG.4

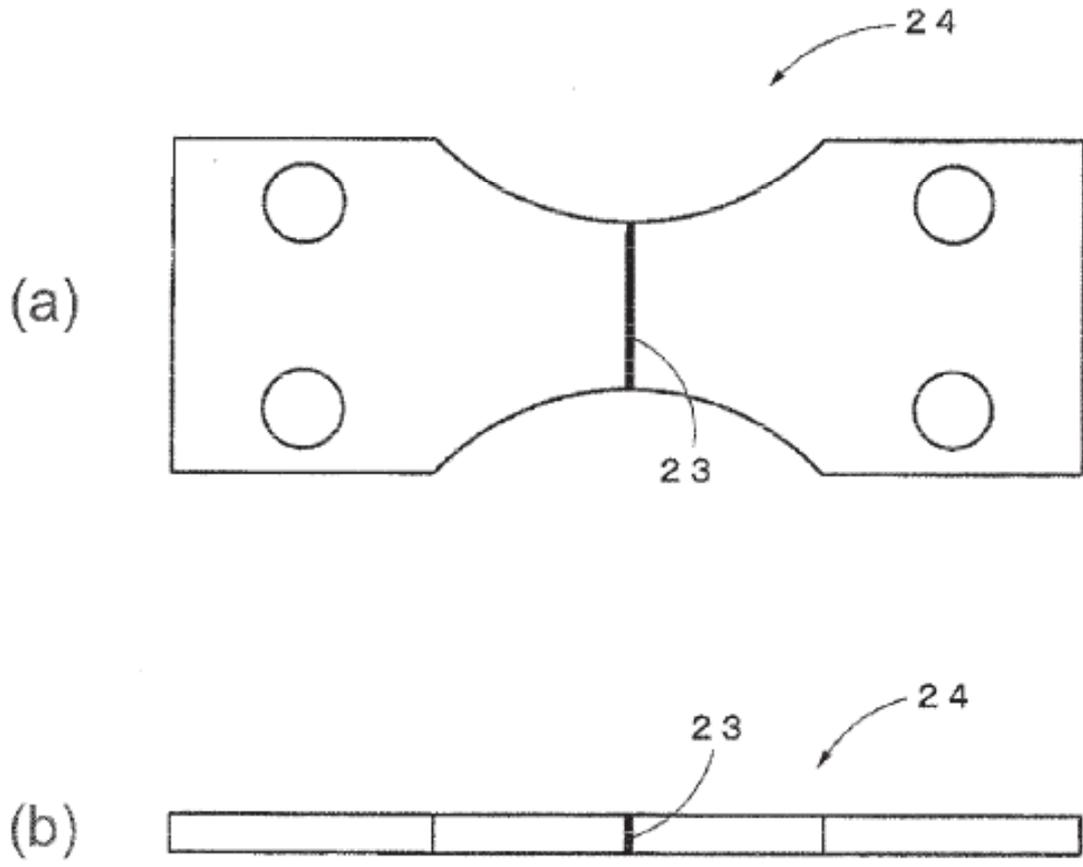


FIG.5

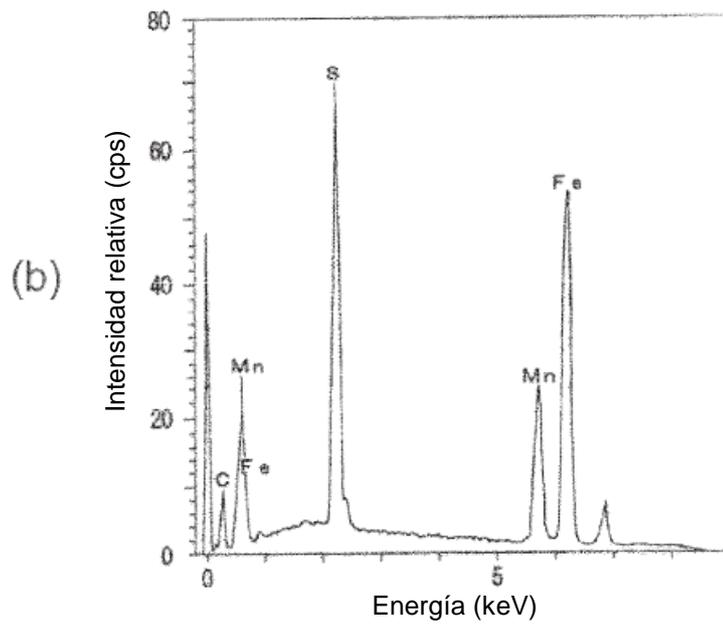
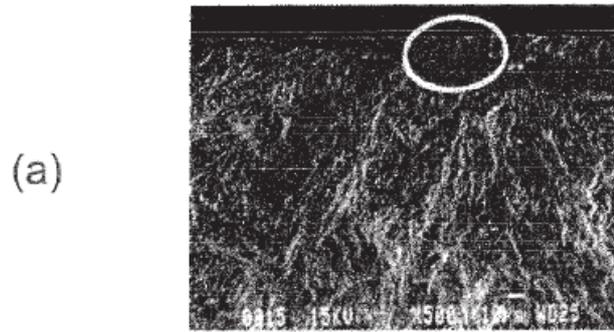


FIG.6
Parte de contacto soldada
por resistencia eléctrica

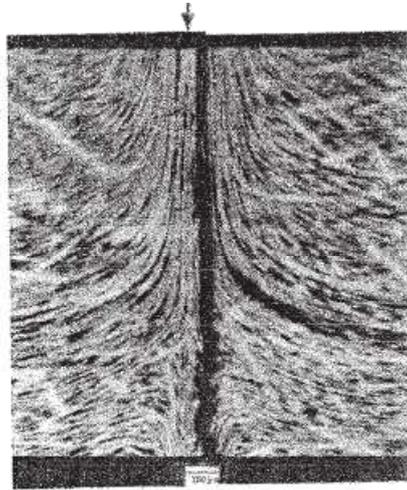


FIG.7

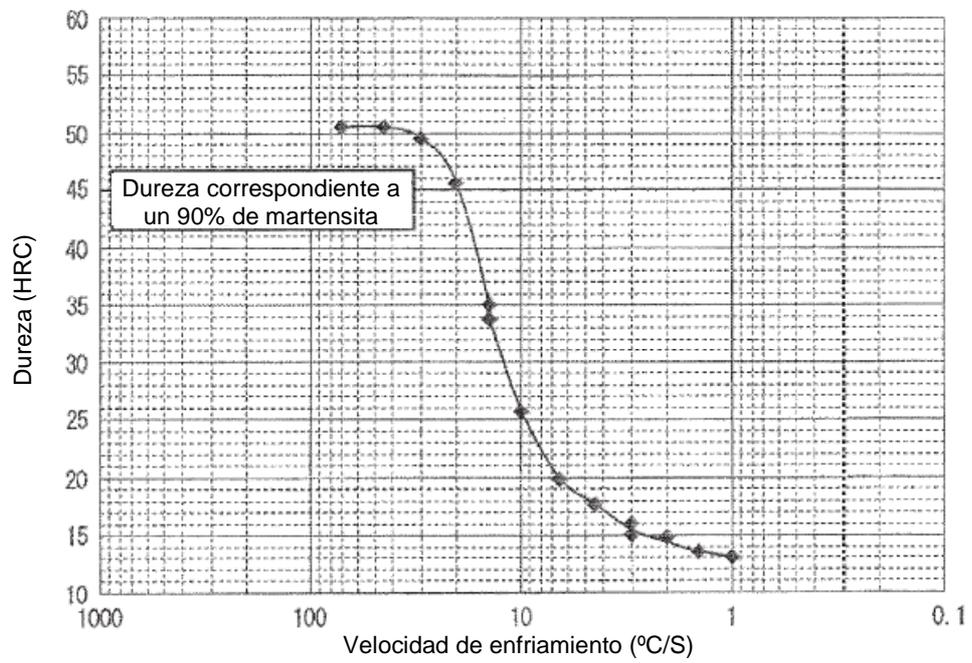


FIG.8

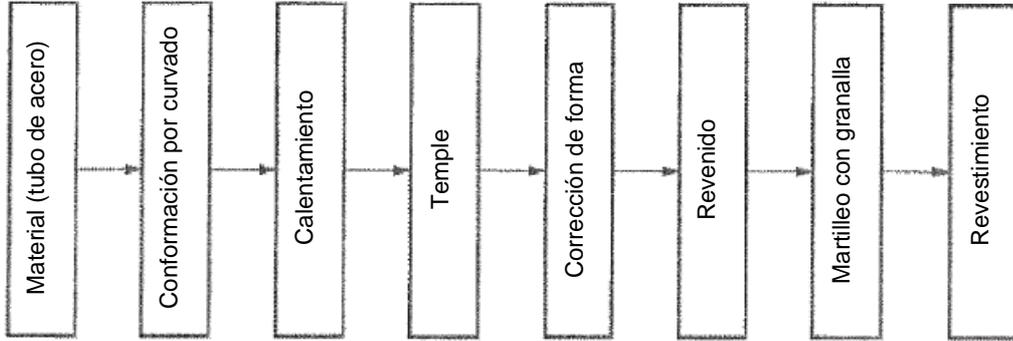


FIG.9

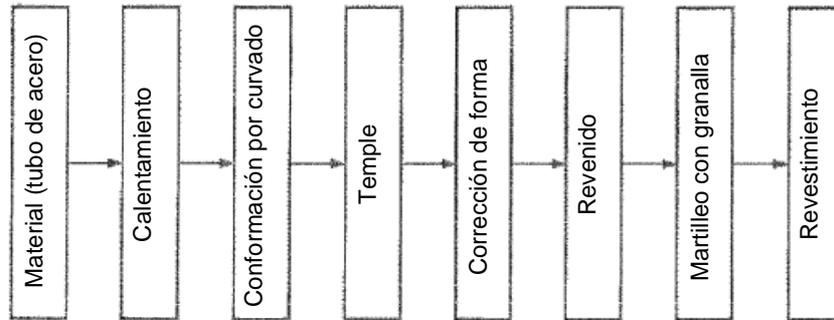


FIG.10

