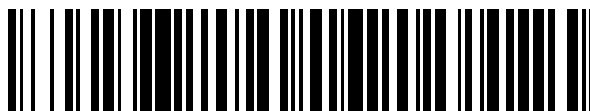


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 172**

51 Int. Cl.:

C22C 38/14	(2006.01) C22C 38/28	(2006.01)
F16L 13/02	(2006.01) F16L 13/04	(2006.01)
B23K 9/028	(2006.01)	
C22C 38/02	(2006.01)	
C22C 38/04	(2006.01)	
C22C 38/00	(2006.01)	
C22C 38/06	(2006.01)	
C22C 38/12	(2006.01)	
C22C 38/26	(2006.01)	
C22C 38/38	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.01.2013** **PCT/JP2013/051765**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.08.2013** **WO13111902**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2013** **E 13740715 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017** **EP 2808415**

54 Título: **Ducto y método de fabricar el mismo**

30 Prioridad:

27.01.2012 JP 2012014991

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

14.03.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**NAGATA, YUKINOBU;
TSURU, EIJI y
SHINOHARA, YASUHIRO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 659 172 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

Ducto y método de fabricar el mismo

- 5 La presente invención se relaciona con un ducto el cual tiene una pluralidad de zonas de soldadura en las cuales los extremos de una pluralidad de tubos de acero son unidos por soldeo y un método de fabricación del mismo.

10 Cuando se tiende un ducto sobre el fondo marino, convencionalmente, se ha usado principalmente un método de soldar circunferencialmente tubos de acero uno por uno sobre una embarcación en una zona de tendido y enviar, secuencialmente, la tubería soldada para formar un ducto. Sin embargo, en los últimos años, como método de tender un ducto, se ha empleado crecientemente un método de bobina de formar una tubería larga soldando circunferencialmente tubos de acero por adelantado en tierra o sobre una embarcación atracada en una base de suministro de tubo de acero, luego, arrollar la tubería larga alrededor de un tambor, transportar la tubería hasta el océano donde va a ser tendido el ducto y desenrollar la tubería en el océano a la vez que se tiende un ducto.

15 Cuando se enrolla el tubo de acero en el tambor, ocurre deformación por compresión dentro de la bobina en una dirección longitudinal del tubo de acero. Además, fuera de la bobina, ocurre deformación por tracción en una dirección longitudinal del tubo de acero. La deformación llega a ser la deformación por compresión máxima en un borde de arco interno el cual está en la posición más interna de la bobina y llega a ser la deformación por tracción máxima en un borde de arco externo el cual está en la posición más externa de la bobina. La magnitud de la deformación es proporcional al diámetro del tubo de acero e inversamente proporcional al diámetro del tambor. En un diámetro externo de tubo de acero (por ejemplo, un diámetro de 193,7 mm a 457,2 mm) y un diámetro de tambor (por ejemplo, un diámetro de 16 m) usados generalmente, ocurre una deformación plástica de alrededor del 2% al 4% al arrollar en el borde de arco interno y el borde de arco externo. Por otro lado, incluso cuando el tubo de acero arrollado alrededor del tambor es desenrollado sobre una embarcación y es estirado linealmente, de manera similar, ocurre en el tubo de acero una deformación plástica de alrededor del 2% al 4%. En consideración de curvados y enderezados adicionales en el trabajo de tendido, o curvado al posarse sobre el fondo marino, es necesario que el tubo de acero y la zona soldada circunferencialmente soporten tres ciclos de curvado y enderezado.

20 Cuando el tubo de acero es arrollado alrededor del tambor o cuando el tubo de acero es desenrollado, el tubo de acero y la proximidad de la zona soldada circunferencialmente es excesivamente oprimido o tiene lugar, en algunos casos, alabeo en el borde de arco interno del cuerpo del tubo en la proximidad de la zona de soldadura circunferencial. Como método para mejorar la curvabilidad del tubo de acero, por ejemplo en los documentos de patentes japonesas JP H03-133576 A y JP H03-211255 A, se divulga un método de impedir el ablandamiento de una zona afectada por calor de la zona de soldadura circunferencial. Además, por ejemplo en el documento de patente japonesa JP 2001-192773 A, se divulga un método de reducir la ratio elástica de un tubo de acero. Además, por ejemplo en el documento de patente japonesa JP 2006-281217 A, se divulga un método de limitar irregularidades de forma en la zona soldada circunferencialmente.

30 Cuando el tubo de acero es arrollado alrededor del tambor y desenrollado del tambor, con el fin de mejorar la resistencia al alabeo por curvado del tubo de acero para no causar alabeo, la mejora de las propiedades de endurecimiento de trabajo del propio tubo de acero es efectiva. Entonces, con el fin de mejorar las propiedades de endurecimiento de trabajo del propio tubo de acero, reducir la ratio elástica (una ratio del límite elástico a la resistencia a la tracción) del tubo de acero es efectivo. No obstante, la resistencia al alabeo por curvado de la zona de soldadura circunferencial es inferior a la del tubo de acero. Por lo tanto, incluso cuando las propiedades de endurecimiento de trabajo del propio tubo de acero se mejoran, es difícil evitar el alabeo que ocurre en el borde de arco interno del cuerpo del tubo del tubo de acero en la proximidad de la zona de soldadura circunferencial. Esto es, el alabeo en la proximidad de la zona de soldadura circunferencial ocurre incluso cuando la irregularidad de forma de la zona de soldadura circunferencial se suprime y, además, se use el tubo de acero que tenga una ratio elástica baja.

35 La presente invención se ha hecho en consideración de los problemas anteriores. Esto es, un objeto de la presente invención es proporcionar un ducto en el cual las propiedades de deformación de un tubo de acero (tubo del ducto) se muestren de manera suficiente. Aquí, el ducto se forma uniendo una pluralidad de tubos de acero (tubo del ducto).

40 Incluso cuando la resistencia al alabeo del propio pipe de acero se mejore, puede ocurrir alabeo en la proximidad de una zona de soldadura de una zona de unión soldada en donde se unen los tubos de acero entre sí. Se ha encontrado que el alabeo ocurre no sólo en una zona afectada por el calor del soldeo, sino también en una porción de metal base que no está afectada por calor en la zona de unión soldada.

45 Generalmente, el ducto es tendido sobre varios kilómetros o, en muchos casos, más longitud. La cantidad producible por carga de fundición es alrededor de 300 toneladas como máximo y, así, un tubo de acero producido a partir de varias piezas de acero fundido se incluye usualmente en el ducto. Incluso cuando el acero se funde para tener los mismos componentes químicos, la ratio de cada elemento de la aleación se cambia dentro de un intervalo objetivo.

Esto es, hay un cambio entre las cargas de fundición de los componentes químicos. Además, incluso cuando el tubo de acero se produzca a partir del mismo acero fundido, las condiciones de laminación entre los varios tubos de acero casi nunca son completamente idénticas. Por lo tanto, incluso cuando el estándar de cada tubo de acero usado en el ducto se corresponda con el mismo estándar, usualmente, hay una diferencia de resistencia entre los tubos de acero en un intervalo predeterminado.

Los inventores ha prestado atención a no sólo la ratio elástica que representa las propiedades de endurecimiento de trabajo de un material, sino también a la diferencia de resistencia entre tubos de acero que se enfrentan entre sí en otras zonas distintas de la zona soldada circunferencialmente, y ha dirigido una investigación intensiva hacia una influencia sobre una limitación del alabeo del tubo de acero (una distancia entre una superficie de carrete y un borde de arco interno del tubo de acero en el momento en el que se arruga, esto es, se causa alabeo por deformación grande de la proximidad de la zona de soldadura circunferencial del borde de arco interno). Como resultado, en un caso en el que la diferencia en límite elástico entre los tubos de acero es grande, el alabeo ocurre pronto incluso cuando, por ejemplo, el tubo de acero tiene una ratio elástica baja. Se ha encontrado últimamente que en un caso en el que la diferencia de límite elástico es pequeña, difícilmente ocurre el alabeo incluso cuando el tubo de acero tiene una ratio elástica elevada. Esto es, con el fin de obtener un ducto en el cual la ocurrencia de alabeo se suprima sobre la longitud entera del mismo, no es suficiente sólo controlar las condiciones de producción del tubo de acero y es necesario seleccionar cuidadosamente los tubos de acero que se enfrentan entre sí y soldar los tubos seleccionados en la producción del ducto (en soldadura circunferencial). Además, puesto que el ducto se tiende sobre una distancia de varios kilómetros o más longitud según se describió arriba, no puede considerarse que se suelden tubos de acero que tengan una diferencia de límite elástico pequeña sobre la longitud entera a menos que los tubos de acero que se enfrentan entre sí sean seleccionados y soldados intencionadamente.

El problema anterior puede resolverse mediante las características definidas en las reivindicaciones.

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar el ducto en el cual se puedan mostrar suficientemente las propiedades de deformación del tubo de acero y así, la presente invención contribuye a la industria muy notablemente.

La invención se describe con detalle en conjunto con los dibujos, en los cuales:

La figura 1 es una vista que muestra un estado en el cual un tubo de acero flota sobre una superficie externa de un tambor y que ilustra un espacio vacío ΔC y una deformación que ocurre en un borde de arco interno del tubo de acero;
la figura 2 es una vista que muestra una relación entre el espacio vacío ΔC y la deformación máxima que ocurre en el borde de arco interno del tubo de acero;
la figura 3 es una vista que muestra una relación entre una diferencia de límite elástico ΔYS y una ratio elástica YR de los tubos de acero a ser de soldada circunferencialmente;
la figura 4 es una vista que ilustra un aparato de ensayos que transmite un momento de curvado al extremo del tubo de acero;
la figura 5A es una vista que muestra un ejemplo de un método de producir el ducto de acuerdo con la realización; y
la figura 5B es una vista que muestra otro ejemplo del método de producir el ducto de acuerdo con la realización.

En adelante en este documento, se describirá con referencia a los dibujos un ducto de acuerdo con una realización de la presente invención (al que se hace referencia en adelante, en algunos casos, como un ducto de acuerdo con una realización). Según se muestra en la figura 1, un ducto 1 tiene una estructura de unión en la cual los extremos de varios tubos de acero 2 son unidos mediante soldeo. En la estructura de unión en la cual los extremos de los tubos de acero son soldados entre sí, un tubo de acero 2 se asigna a un tubo de acero A y el otro tubo de acero 2 se asigna a un tubo de acero B en beneficio de la descripción. Los extremos del tubo de acero A y del tubo de acero B son puestos a tope uno contra el otro y unidos en una zona de soldadura 3 mediante un soldeo en la circunferencia completa. La longitud del ducto de acuerdo con la realización se incrementa uniendo una pluralidad de tubos de acero de la manera descrita arriba.

Cuando el ducto 1 de acuerdo con la realización es tendido sobre el fondo marino en un método de carrete, según se muestra en la figura 1, el ducto 1 es arrollado alrededor de un tambor 4, transportado al océano en donde el ducto va a ser tendido y desenrollado en el sitio para tender el ducto 1 sobre el fondo marino. Cuando el tubo de acero se arrollado alrededor del tambor 4, en un borde de arco interno que es la posición más interna de la bobina, la deformación por compresión máxima tiene lugar en una dirección longitudinal del ducto 1 (tubo de acero 2). Además, en un borde de arco externo que es la posición más externa de la bobina, la deformación por tracción máxima tiene lugar en la dirección longitudinal del ducto 1 (tubo de acero 2). En particular, puede ocurrir alabeo en el borde de arco interno en una porción de metal de base de la zona de unión soldada, en particular, en la proximidad de una zona afectada por calor (HAZ) 5 de la zona de soldadura 3.

Cuando la longitud del ducto 1 se incrementa, el ducto 1 es arrollado alrededor del tambor 4 muchas veces. No obstante, puesto que la deformación mayor tiene lugar en el ducto arrollado sobre el lado más interno, en la realización, se describirá el comportamiento del ducto arrollado sobre el lado más interno.

Primero, los inventores han intentado una simulación por análisis numérico mediante análisis por elementos finitos (FEA) para clarificar un mecanismo de alabeo cuando el ducto 1 (tubo de acero 2) es arrollado alrededor del tambor 4 según se muestra en la figura 1. En el análisis, a la ratio elástica YR del tubo de acero A y del tubo de acero B se asignaron 85%, 92,5%, 95% o 98%. Además, a la diferencia ΔYS entre el límite elástico del tubo de acero A y el límite elástico del tubo de acero B se asignaron 0 MPa, 50 MPa, 75 MPa o 100 MPa. Entonces, cada ratio elástica YR y cada diferencia de límite elástico ΔYR fueron combinadas para ejecutar el análisis.

Cuando el ducto 1 (tubo de acero 2) es arrollado alrededor del tambor 4 según se muestra en la figura 1, la deformación por compresión que tiene lugar en la zona afectada por calor fuera de la bobina puede causar que, en algunos casos, el ducto 1 (tubo de acero 2) flote sobre la superficie externa del tambor 4 en la zona de soldadura 3. En este caso, se genera un espacio vacío ΔC entre el borde de arco interno (superficie interna) del ducto 1 (tubo de acero 2) y la superficie externa del tambor 4. Los inventores han prestado atención al espacio vacío ΔC para investigar el alabeo que tiene lugar en el borde de arco interno.

Los inventores han observado una relación entre el espacio vacío ΔC y la deformación máxima ϵ_{max} que tiene lugar en el borde de arco interno cuando el espesor t (mm) y el diámetro exterior del tubo medio D (mm) del tubo de acero están dentro del intervalo de $t/D \times 100 \leq 6$. Como resultado, según se muestra en la figura 2, independientemente de la magnitud (combinación) de la ratio elástica y la diferencia de límite elástico ΔYS , cuando el espacio vacío ΔC excede de 20 mm, el valor del espacio vacío ΔC se incrementa rápidamente. Esto es, se ha encontrado que ocurre alabeo local. El valor límite del espacio vacío ΔC , en el cual ocurre alabeo, fue alrededor de 20 mm tanto en un tubo de acero (un tubo de acero denominado "tipo redondo") en el cual el alargamiento en el punto de fluencia no aparece sobre una curva esfuerzo-deformación (curva SS) obtenida cuando se aplica esfuerzo en la dirección longitudinal y un tubo de acero (denominado tubo de acero "tipo YPE") en el cual el alargamiento del punto de fluencia aparece sobre una curva esfuerzo-deformación obtenida cuando se aplica esfuerzo en la dirección longitudinal. Por otro lado, ha estado claro que ocurre una deformación por alabeo local mayor en el tubo de acero tipo redondo que en el tubo de acero tipo YPE, y el tubo de acero tipo redondo difícilmente se alabea.

A continuación, el inventor ha investigado una relación entre la diferencia de límite elástico ΔYS y la ratio elástica YR cuando el espacio vacío ΔC alcanza los 20 mm. Como resultado, según se muestra en la figura 3, se ha encontrado que la diferencia de límite elástico ΔYS y la ratio elástica tienen una relación proporcional. Además, la figura 3 muestra una relación entre la ratio elástica YR y la diferencia de límite elástico ΔYS de uno (A o B) del tubo de acero A y el tubo de acero B que tiene un límite elástico inferior. Como se ve de la figura 3, ha estado claro que la relación entre la ratio elástica YR y la diferencia de límite elástico ΔYS en el tubo de acero tipo redondo es diferente de la relación entre la ratio elástica YR y la diferencia de límite elástico ΔYS en el tubo de acero tipo YPE. Esto es, la gráfica de la figura 3 muestra que puede impedirse que ocurra el alabeo local controlando la relación la diferencia de límite elástico ΔYS entre el tubo de acero A y el tubo de acero B y la ratio elástica YR del tubo de acero (A o B) que tenga el límite elástico inferior en un ducto formado por tubos de acero (tubos de acero de tipo redondo) que tengan una curva SS de tipo redondo de forma que satisfagan la expresión (b) siguiente:

$$\Delta YS \leq -1,75 \times YR + 230 \dots (b)$$

Por otro lado, se encontró que puede impedirse que ocurra el alabeo local en un ducto formado de tubos de acero que tengan una curva SS de tipo YPE controlando la relación entre la diferencia de límite elástico ΔYS entre el tubo de acero A y el tubo de acero B y la ratio elástica YR de un tubo de acero (A o B) que tenga un límite elástico inferior de forma que satisfagan la expresión (f) siguiente.

$$\Delta YS \leq -0,69 \times YR + 125 \dots (f)$$

Para el propósito de mejorar la resistencia a la corrosión o similar, incluso cuando se usa un tubo de acero que use una plancha de acero cuyas superficies frontal y posterior están recubiertas con una resina termoestable, la relación de la expresión (f) anterior se satisface.

En el ducto de acuerdo con la realización, puede impedirse que ocurra el alabeo local sobre la longitud entera independientemente de los componentes o la resistencia del tubo de acero de tal manera que tubos de acero que se enfrentan uno al otro satisfagan la relación anterior (cuando el tubo de acero es un tipo redondo, se satisfaga la expresión (b), y cuando el tubo de acero es un tipo YPE, se satisfaga la expresión (f)).

No obstante, cuando se obtienen propiedades adecuadas para el uso práctico (por ejemplo, propiedades que satisfacen la ESPECIFICACIÓN 5L del American Petroleum Institute (API)), es preferible controlar cada tubo de acero como sigue.

En el tubo de acero (al que se hace referencia en adelante, en algunos casos, como un tubo de acero de acuerdo

con una realización) usado en el ducto de acuerdo con la realización, se describirá un intervalo de componentes químicos preferible. Aquí, en el ducto, se usa una pluralidad de cargas de acero fundido, pero es preferible que todo el acero fundido esté dentro del intervalo siguiente. “%” en el contenido de cada elemento significa “% en peso”.

- 5 C: 0,04% o más y 0,15% o menos
C es un elemento que contribuye a el endurecimiento del acero (tubo de acero) y el contenido es, preferiblemente, 0,04% o más. Por otro lado, cuando se contiene C en exceso, la tenacidad y la soldabilidad se deterioran y, así, el límite superior es, preferiblemente, 0,15%. Un intervalo más preferible es 0,05% o más y 0,10% o menos.
- 10 Mn: 1,0% o más y 1,75% o menos
Mn es un elemento que incrementa la capacidad de endurecimiento y contribuye a el endurecimiento del acero y el contenido es preferiblemente 1,0% o más. Por otro lado, Mn es un elemento que se segrega fácilmente y cuando se contiene Mn en exceso, se forma MnS en grano grueso en la porción central del espesor de la chapa y, así, las propiedades pueden deteriorarse. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Mn es, preferiblemente, 1,75%. Un intervalo más preferible es 1,0% o más y 1,6% o menos.
- 15 Nb: 0,005% o más y 0,10% o menos
Nb es un elemento que facilita el refinamiento como un estado laminado en caliente por supresión de la recrystalización durante la laminación en caliente (en un estado en el cual procesos subsiguientes tales como tratamiento térmico no se ejecutan después de la laminación en caliente). Además, Nb es un elemento que forma carbonitruros y contribuye al refinamiento y endurecimiento de la estructura. Con el fin de obtener los efectos, el contenido en Nb es, preferiblemente, 0,005% o más. Por otro lado, cuando se contiene Nb en exceso, los carbonitruros granulan y las propiedades pueden deteriorarse. Por lo tanto, el contenido de Nb es, preferiblemente, 0,10% o menos. El contenido, más preferiblemente, es 0,06% o menos.
- 20 Ti: 0,005% o más y 0,02% o menos
Ti es un elemento que forma nitruros, fija N y contribuye al refinamiento y endurecimiento de la estructura. Con el fin de obtener los efectos, el contenido en Ti es, preferiblemente, 0,005% o más. Por otro lado, cuando se añade excesivo Ti, se forma TiN en grano grueso y las propiedades pueden deteriorarse. Por lo tanto, el límite superior del contenido en Ti es, preferiblemente, 0,02%.
- 25 Al: 0,001% o más y 0,06% o menos
Al es un elemento efectivo como agente desoxidante. Con el fin de obtener un efecto desoxidante, el contenido en Al es, preferiblemente, 0,001% o más. Por otro lado, incluso cuando se añade 0,06% o más de Al, el efecto anterior se satura y el acero se hace bastante frágil. Por lo tanto, cuando se contiene Al, el contenido en Al es, preferiblemente, 0,001% o más y 0,06% o menos. El límite inferior del contenido en Al, más preferiblemente, es 0,01% o más.
- 30 Si: 0,4% o menos
Si es un elemento que se usa para la desoxidación y el endurecimiento del acero. No obstante, cuando se contiene Si en exceso, se forma, en algunos casos, una fase de fragilidad en la zona afectada por el calor del soldeo. Por lo tanto, es preferible que el contenido en Si se limite a 0,4% o menos. El contenido en Si puede ser 0%.
- 35 P: 0,015% o menos
P es una impureza y se segrega en el grano lindero y deteriora las propiedades. Así, el contenido en P se limita preferiblemente a 0,015% o menos. El contenido en P puede ser 0%.
- 40 S: 0,005% o menos.
S es una impureza y forma sulfuros tales como MnS o similares para deteriorar las propiedades. Por lo tanto, es preferible que el contenido en S se limite a 0,005% o menos. El contenido en S puede ser 0%.
- 45 N: 0,007% o menos
N es un elemento que forma nitruros tales como TiN o similares y se usa TiN fino para el refinamiento de la estructura. No obstante, cuando se contiene N en exceso, se forma nitruros en grano grueso y las propiedades se deterioran. Por lo tanto, es preferible que el contenido en N se limite a 0,007% o menos. El contenido en N puede ser 0%.
- 50 En el tubo de acero de acuerdo con la realización, además, pueden contenerse Cu, Ni, Cr, Mo y V, los cuales contribuyen al endurecimiento, dentro de los intervalos siguientes según sea necesario. Puesto que estos elementos químicos no se añaden necesariamente en la plancha de acero, todos los límites inferiores de los elementos químicos se limitan a 0% y, así, no están limitados.
- 55 Cu: 0,1% o más y 1,0% o menos
Cu es un elemento que incrementa la capacidad de endurecimiento del acero para incrementar la resistencia del acero. Con el fin de obtener el efecto, es preferible que el contenido en Cu sea 0,1% o más. No obstante, cuando el contenido en Cu excede 1,0%, la soldabilidad se reduce u ocurre agrietamiento sobre la superficie del acero durante la laminación, en algunos casos. En consecuencia, el contenido en Cu se limita a 1,0% o menos. El contenido en
- 60
- 65

Cu, más preferiblemente, es 0,95% o menos e incluso, más preferiblemente, 0,5% o menos y 0,2% o menos.

Ni: 0,1% o más y 1,0% o menos

5 Ni es un elemento que aumenta la capacidad de endurecimiento del acero para aumentar la resistencia del acero y contribuye a la mejora de la tenacidad a baja temperatura. Con el fin de obtener los efectos, es preferible que el contenido en Ni sea 0,1% o más. No obstante, cuando el contenido en Ni excede 1,0%, hay una preocupación de que pueda reducirse la soldabilidad. Por lo tanto, el contenido en Ni se limita a 1,0% o menos. El contenido en Ni, más preferiblemente, es 0,5% o menos y, más preferiblemente, 0,3% o menos.

10 Cr: 0,1% o más y 1,0% o menos

Cr es un elemento que aumenta la capacidad de endurecimiento del acero para aumentar la resistencia del acero. Con el fin de obtener el efecto, es preferible que el contenido en Cr sea 0,1% o más. No obstante, cuando el contenido en Cr excede 1,0%, hay una preocupación de que se pueda deteriorar la soldabilidad. En consecuencia, la cantidad adicional se limita a 1,0% o menos. El contenido en Cr, más preferiblemente, es 0,5% o menos.

15 Mo: 0,05% o más y 0,3% o menos

Mo es un elemento que aumenta la capacidad de endurecimiento del acero para aumentar la resistencia del acero y contribuye a la mejora de la tenacidad a baja temperatura. Con el fin de obtener los efectos, es preferible que el contenido en Mo sea 0,05% o más. No obstante, cuando el contenido en Mo excede 0,3%, se forman un gran número de fases de transformación a baja temperatura o se causa un endurecimiento por precipitación excesiva que deteriora la tenacidad a baja temperatura. Por lo tanto, el límite superior del contenido en Mo se limita a 0,3%. El límite superior del contenido en Mo, más preferiblemente, es 0,2%.

25 V: 0,01% o más y 0,1 % o menos

V es un elemento que tiene el mismo efecto que el Nb pero el efecto es menor que el efecto del Nb. Con el fin de obtener el efecto, es preferible que el contenido en V sea 0,01% o más. Incluso cuando el contenido en V excede 0,1%, el efecto se satura y también, aumentan los costes, y así, el límite superior se limita a 0,1%.

30 En el tubo de acero de acuerdo con la realización, además, si se contienen selectivamente una o dos clases o más de Ca, Mg, REM y similares que contribuyen al control de formas de inclusión, no se perjudica el efecto. Además, elementos distintos de los elementos anteriores (por ejemplo, Zr, Sn, Co, As y similares) pueden contenerse como materia prima a ser usada que incluya aditivos de aleación o impurezas inevitables las cuales son eluidas desde un revestimiento refractario o similar en la fundición dentro de un intervalo en tanto que las propiedades no se deterioren. Cuando las cantidades de Cu, Ni, Cr, Mo y V son menos de los límites inferiores anteriores, los elementos son tratados como impurezas inevitables.

40 El tubo de acero usado en el ducto según se describió arriba, se produce generalmente a partir de varias piezas de acero fundido. Por lo tanto, un tubo de acero y el otro tubo de acero que son soldados entre sí son producidos a partir de acero fundido diferente en muchos casos. El límite elástico está afectada significativamente por los componentes químicos, en particular, C_{eq} expresada por la expresión que sigue. Por lo tanto, cuando ΔYS como la diferencia de límite elástico se reduce, la reducción en un valor de ΔC_{eq} , el cual es un valor absoluto de la diferencia entre los valores de C_{eq} en el un tubo de acero y el otro tubo de acero, es efectiva. Si el valor de ΔC_{eq} se reduce, ΔTS se reduce. Cuando la expresión (b) o (f) descritas arriba se satisfacen, ΔC_{eq} es, preferiblemente, 0,045 o menos. ΔC_{eq} , más preferiblemente, es 0,035 o menos. Además, el un tubo de acero y el otro tubo de acero pueden ser producidos a partir del mismo acero fundido y, en este caso, ΔC_{eq} es 0.

$$C_{eq} = [C] + [Mn]/6 + ([Ni] + [Cu])/15 + ([Cr] + [Mo] + [V])/5 \dots (d)$$

50 Aquí, [C], [Mn], [Ni], [Cu], [Cr], [Mo] y [V] representan las cantidades, en % en peso, de C, Mn, Ni, Cu, Cr, Mo y V.

Cuando no se contienen Ni, Cu, Cr, Mo y V, los respectivos miembros que representan el contenido del elemento son 0. En este caso, la expresión (d) puede sustituirse por la expresión (c) siguiente.

$$C_{eq} = [C] + [Mn]/6 \dots (c)$$

55 A continuación, se describirá un método de producir un ducto de acuerdo con una realización de la presente invención.

60 Por ejemplo, según se muestra en la figura 5A, antes de que todos los varios tubos de acero usados en el ducto sean unidos unos a otros por soldeo, se mide el límite elástico de cada tubo de acero. Entonces, un tubo de acero y el otro tubo de acero a ser soldados pueden seleccionarse y soldarse de tal manera que se satisfaga la expresión (b) mencionada arriba en el tubo de acero que muestra una curva SS de tipo redondo y se satisfaga la expresión (f) mencionada arriba en el tubo de acero que muestra una curva SS de tipo YPE basándose en el resultado de la medida del límite elástico. De acuerdo con el método, independientemente de los componentes del tubo de acero y la historia de las condiciones de producción, los tubos de acero en los cuales ΔYS como la diferencia de límite elástico sea pequeña pueden ser soldados de manera fiable entre sí. Es posible producir el ducto en el cual las

propiedades de deformación de los tubos de acero se muestran suficientemente soldando los tubos de acero seleccionados de la manera dicha arriba en toda su longitud.

5 La medida del límite elástico puede ejecutarse, por ejemplo, de acuerdo con un método de ensayo de tracción de espesor total definido por la especificación 5L del API.

10 Además, cuando la resistencia a la tracción de todos los tubos de acero no se mide fácilmente, según se muestra en la figura 5B, se asignan números de producción que pueden especificar los respectivos tubos de acero a todos los tubos de acero usados en el ducto en el orden de laminación (por ejemplo, X + 1, X + 2, ..., X + N, y similar en el orden de laminación). Entonces, pueden soldarse los tubos de acero producidos a partir del mismo acero fundido y la misma bobina arrollada en caliente y que tengan una diferencia entre los números de producción de 1 o más y 5 o menos.

15 Cuando los tubos de acero no están producidos a partir del mismo acero fundido y la misma bobina arrollada en caliente, puede generarse una diferencia de límite elástico grande entre cada tubo de acero por la variación en los componentes y condiciones de producción tales como las condiciones de laminación y similares. Además, cuando los tubos de acero están producidos a partir del mismo acero fundido y la misma bobina arrollada en caliente, los tubos de acero que tiene una diferencia grande entre los números de producción asignados tienen condiciones de laminación diferentes cuando los tubos de acero son arrollados alrededor de una coil y, así, se genera en algunos casos una diferencia de límite elástico grande entre los tubos de acero. Por lo tanto, es preferible que sean soldados unos a otros los tubos de acero producidos a partir del mismo acero fundido y la misma bobina arrollada en caliente y que tengan una diferencia entre los números de producción de 1 o más y 5 o menos. En la figura 5B, por conveniencia, los números de producción se asignan después de que sean formados los tubos de acero. No obstante, los miembros de producción pueden ser asignados en cualquier etapa tal como laminación, enfriado o preparación de un plan de laminación de una chapa de acero la cual sea el material usado para formar el tubo de acero, siempre y cuando el orden de laminado esté claro.

30 Cuando los tubos de acero a ser soldados entre sí se determinen usando el método descrito arriba, el método de producir un tubo de acero usado en el ducto de acuerdo con la realización no está limitado particularmente y el ducto puede ser producido mediante un método convencional dependiendo de la propiedad deseada. No obstante, cuando un tubo de acero que tenga propiedades adecuadas para el uso práctico (por ejemplo, propiedades que satisfagan X42 a X80 definidos por la especificación 5L de API) se obtengan con respecto al tubo de acero usado en el ducto, tubos de acero de tipo redondo y de tipo YPE pueden producirse fácilmente mediante, por ejemplo, adoptar el método de producción siguiente.

35 Se describirán ejemplos de un método de fabricar tubos y un método de producción dependiendo de un tipo de curva SS.

40 (i) Tubo de acero soldado por resistencia eléctrica (ERW) que tiene resistencia a la tracción de 450 MPa o más y 850 MPa o menos y que muestran curva SS de tipo redondo
Un desbaste plano, que tiene componentes químicos en los intervalos preferibles descritos arriba, se calienta hasta 1.200° C o superior y 1.300° C o inferior y el desbaste plano calentado es sometido a desbastado para formar un acero. El acero es sometido a laminación de acabado de forma que la temperatura final de laminación llegue a ser 800° C o superior y 900° C o inferior. Después de que se completa la laminación de acabado, el acero es enfriado desde un intervalo de temperatura de 780° C o superior hasta un intervalo de temperatura de 400° C o superior y 600° C o inferior. El acero enfriado es arrollado en un intervalo de temperatura de 400° C o superior y 580° C o inferior para formar una bobina arrollada en caliente. Después de que la bobina arrollada en caliente se enfría hasta la temperatura ambiente, se forma un tubo abierto mediante conformado por laminación al tiempo que la bobina arrollada en caliente es desenrollada. La zona de junta del tubo abierto es soldada mediante soldadura eléctrica y la zona de soldadura por resistencia eléctrica es sometida a tratamiento térmico de la junta. Así, es posible formar un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica de tipo redondo.

55 (ii) Caso de tubo de acero UOE que tiene resistencia a la tracción de 450 MPa o más y 850 MPa o menos y que muestra curva SS de tipo redondo
Un desbaste plano, que tiene componentes químicos en los intervalos preferibles descritos arriba, se calienta hasta 1.100° C o superior y 1.200° C o inferior y el desbaste plano calentado es sometido a desbastado para formar un acero. El acero es sometido a laminación de acabado de forma que la temperatura final de laminación llegue a ser 700° C o superior y 850° C o inferior. Después de que se completa la laminación de acabado, el acero es enfriado desde un intervalo de temperatura de 700° C o superior hasta un intervalo de temperatura de 500° C o inferior. Entonces, el acero enfriado se enfría hasta la temperatura ambiente para formar una plancha de acero. Un tubo de acero UOE de tipo redondo puede formarse transformando la plancha de acero en un tubo usando un método UOE conocido.

65 Cuando se usa un método tal como (i) o (ii), es posible producir de manera estable un tubo de acero de tipo redondo que tenga una resistencia a la tracción de 450 MPa o más y 850 MPa o menos. En los métodos de producción descritos arriba, la razón de que la curva SS sea de tipo redondo es que está presente la deformación causada por

conformar mediante laminación en frío en un estado de fabricación de tubo.

(iii) Caso de tubo de acero soldado por resistencia eléctrica de tipo YPE que tiene una resistencia a la tracción de 450 MPa o más y 850 MPa o menos

5 Un desbaste plano, que tiene una composición de acero predeterminada se calienta hasta 1.200° C o superior y 1.300° C o inferior y el desbaste plano calentado es sometido a desbastado para formar un acero. El acero es sometido a laminación de acabado de forma que la temperatura final de laminación llegue a ser 800° C o superior y 900° C o inferior. Después de que se completa la laminación de acabado, el acero es enfriado desde un intervalo de temperatura de 780° C o superior hasta un intervalo de temperatura de 400° C o superior y 600° C o inferior. El acero enfriado es arrollado en un intervalo de temperatura de 400° C o superior y 580° C o inferior para formar una bobina arrollada en caliente. La bobina arrollada en caliente es sometida a conformado ERW de acuerdo con un método convencional para hacer un tubo. Después del formado ERW, puede formarse un tubo de acero soldado por resistencia eléctrica de tipo YPE ejecutando un tratamiento térmico tal como enfriamiento rápido y templado (QT), templado (T) o tratamiento de normalización. Cuando se ejecuta QT, por ejemplo, después de calentar hasta 900° C a 980° C, puede ejecutarse enfriando con agua y luego templando a una temperatura de 500° C a 700° C dependiendo de una propiedad deseada. Cuando sólo se ejecuta templado, el templado puede ser ejecutado a una temperatura de 300° C a 700° C.

20 (iv) Caso de tubo de acero sin soldadura de tipo YPE que tiene una resistencia a la tracción de 450 MPa o más y 850 MPa o menos

25 Un desbaste cuadrado que tiene una composición de acero predeterminada es calentado hasta 1.200° C o superior y 1.300° C o inferior, formado en un tubo de acero mediante un método de producción denominado Mannesmann y enfriado por aire. Entonces, se ejecutan enfriamiento rápido (Q) en el cual el tubo de acero es calentado hasta 900° C o superior y 950° C o inferior y enfriado con agua y templado (T) en el cual el tubo de acero es calentado hasta 500° C o superior y 700° C o inferior y se ejecuta enfriado por aire. Así, es posible formar un tubo de acero sin soldadura de tipo YPE.

(v) Otros

30 Además, recubriendo un tubo de acero de tipo redondo producido mediante un método tal como (i) o (ii) con resina termoestable, puede formarse un tubo de acero de tipo YPE. El revestimiento con resina termoestable puede ejecutarse mediante, por ejemplo, calentar el tubo de acero hasta un intervalo de temperatura de 200° C a 250° C con un calentador por inducción en forma de anillo o similar y rociando resina termoestable tal como resina epoxídica o similar en el intervalo de temperatura con un rociador o similar.

35 Además, calentando un tubo de acero de tipo redondo producido mediante un método tal como (i) o (ii) hasta un intervalo de temperatura de alrededor de 200° C a 250° C y manteniendo el tubo de acero en el intervalo de temperatura durante 10 minutos o más para causar envejecimiento por deformación, puede formarse un tubo de acero de tipo YPE. Esto es porque un elemento de solución sólida intersticial tal como C o N se fija a la dislocación en el acero según transcurre el tiempo.

40 Puesto que el revestimiento con la resina termoestable y la normalización son tratamientos en los que se calienta el tubo de acero hasta el mismo intervalo de temperatura, el revestimiento y el tratamiento de normalización tienen casi el mismo nivel de influencia sobre las propiedades mecánicas del tubo de acero.

45 Cuando se usan métodos tales como (iii) a (v), es posible producir de manera estable un tubo de acero de tipo YPE que tenga una resistencia a la tracción de 450 MPa o más y 850 MPa o menos.

50 Además, el tubo de acero soldado por resistencia eléctrica (tubo de acero ERW) puede ser producido con productividad elevada a bajo coste. Además, el tubo de acero sin soldadura tiene propiedades en las cuales un tubo de acero que tiene t/D elevada se produce fácilmente.

[Ejemplos]

55 A continuación, se describirá con más detalle la presente invención usando ejemplos. Las condiciones en los ejemplos son simplemente un ejemplo de condiciones empleadas para confirmar la viabilidad y el efecto de la presente invención y la presente invención no está limitada a los ejemplos de condiciones. La presente invención puede emplear una variedad de condiciones sin salir de lo esencial de la presente invención siempre y cuando el objetivo de la presente invención pueda conseguirse.

60 Con el fin de simular un estado de esfuerzo cuando un tubo de acero es arrollado alrededor de o desenrollado del tambor, las propiedades de alabeo de un tubo de acero soldado circunferencialmente se evaluaron usando un aparato de ensayos el cual transmite un momento de curvado sobre el extremo del tubo que estaba dispuesto a lo largo de una cama que tenía un radio de 3.750 mm. El bosquejo de un aparato de ensayo 10 usado en los ejemplos se muestra en la figura 4.

65 En el aparato de ensayos 10, están dispuestas verticalmente una cama de enderezado 11 y una cama de curvado 12. La superficie inferior de la cama de enderezado 11 es una superficie curvada la cual es convexa hacia abajo y la

superficie superior de la cama de curvado 12 es una superficie curvada la cual es convexa hacia a arriba. Según se muestra en el dibujo, de entre los dos tubos de acero 2 (tubos de acero A y B) cuyos extremos están unidos mediante de soldadura circunferencial en la zona de soldadura 3, un extremo del tubo de acero A opuesto a la zona de soldadura 3 es interpuesto entre la superficie inferior de la cama de enderezado 11 y la superficie superior de la cama de curvado 12 para ser fijado. Entonces, una carga de curvado 13 se aplica a un extremo del tubo de acero B opuesto a la zona de soldadura 3. En este caso, los tubos de acero A y B son curvados a lo largo de la superficie superior de la cama de curvado 12 aplicando la carga de curvado 13 hacia abajo. En consecuencia, se aplica a los tubos de acero A y B una carga de la misma condición que en el caso en el que los tubos de acero son arrollados alrededor del tambor. Por otro lado, los tubos de acero A y B son curvados a lo largo de la superficie inferior de la cama de enderezado 11 aplicando la carga de curvado 13 hacia arriba. En consecuencia, los tubos de acero A y B curvados son estirados linealmente, esto es, se aplica una carga de la misma condición que en enderezado 11.

Con el fin de demostrar el índice obtenido a partir del FEA, los dos tubos de acero A y B unidos por de soldadura circunferencial fueron sometidos a un ensayo de curvado usando el aparato de ensayos 10 mostrado en la figura 4. Como los tubos de acero A y B, como se muestre en las Tablas 2 a 28, las planchas de acero que tenían composiciones de acero mostradas en la Tabla 1 y producidas bajo las condiciones de las Tablas 2 a 10 se transformaron en tubos de acero que tenían diámetros externos y espesores mostrados en las Tablas 11 a 19 y los tubos de acero que fueron sometidos a tratamiento térmico, tratamiento de normalización o revestimiento con resina termoestable se usaron según fue necesario. El diámetro de cama se fijó según se muestra en las Tablas 20 a 28. La ΔYS de los tubos de acero A y B fue como se muestra en las Tablas 20 a 28.

Los espacios en blanco en la Tabla 1 indican que el contenido era un valor límite de medida o menor. En el tratamiento de normalización en la Tabla 15, el tubo de acero se calentó hasta 200° C y se mantuvo en el intervalo de temperatura durante 10 minutos. En el templado en la Tabla 15, el tubo de acero se calentó hasta 600° C. En QT en las Tablas 13 y 14, se ejecutaron enfriamiento rápido en el cual el tubo de acero fue enfriado con agua después de calentar hasta 930° C, y templado en el cual el tubo de acero se calentó hasta 650° C. El revestimiento con resina termoestable se ejecutó de tal forma que el tubo de acero se calentó hasta un intervalo de temperatura de 200° C a 250° C con un calentador por inducción en forma de anillo o similar y se roció resina epoxídica con un rociador o similar en el intervalo de temperatura. El ensayo de tracción de la plancha de acero y el tubo de acero se ejecutó de acuerdo con un método de ensayo de tracción de espesor total definido por la especificación 5L de API.

En consideración de curvados y enderezados adicionales en el trabajo de tendido, o curvado en el posado sobre el lecho marino, en el aparato de ensayos 10 mostrado en la figura 4, se repitieron tres ciclos alternativamente de una operación de aplicar la carga de curvado 13 hacia abajo para curvar los tubos de acero A y B y una operación de aplicar la carga de curvado 13 hacia arriba para enderezar los tubos de acero A y B. Como resultado, cuando ΔYS es $-1,75 \times YR + 230$ o menos, en el caso de tipo redondo, y cuando ΔYS es $-0,69 \times YR + 125$ o menos, en el caso del tipo YPE, como en los números de ensayo 1 a 26, 46 a 65, 82 a 91, 103 a 105, 106 a 108, 111 a 115, 120, 121, 123 a 126 y 128 a 130, se encontró que no ocurrió alabeo local en el curvado y la unión no se fracturó durante tres ciclos de curvado y enderezado.

Por otro lado, cuando ΔYS excede $-1,75 \times YR + 230$, en el caso del tipo redondo (ejemplos en los cuales el tipo de la curva SS es redondo en las Tablas), y cuando ΔYS excede $-0,69 \times YR + 125$ en el caso del tipo YPE (ejemplos en los cuales el tipo de la curva SS es YPE), se observó alabeo local en el borde de arco interno en el lado de compresión en el tercer enderezado y ocurrió fractura desde la proximidad de la zona de soldadura en el borde de arco externo. El lugar fracturado es una porción en la cual ocurre alabeo local en el momento en el que se aplica la carga de curvado. Puede considerarse que la deformación se concentra en el momento de curvado y enderezado y la deformación se acumula para causar fractura.

Los resultados del ensayo sugirieron que la unión soldada que satisface las condiciones de las expresiones (b) y (f) es efectiva en un entorno de uso en el cual la unión soldada es sometida a arrollado y desenrollado. Además, según se ve a partir de los números de ensayo 128 a 130, ΔYS satisfizo la expresión (b) en el tubo de acero producido a partir del mismo acero fundido y que tenía la diferencia entre los números de producción que estaba dentro de 5 y la unión no se fracturó durante tres ciclos de curvado y enderezado.

[Tabla 1]

Tipo de acero	Composición de componentes (% en peso)														Ceq (%)
	C	Si	Mn	P	S	Nb	Al	Ti	N	Mo	Cu	Ni	Cr	V	
A1	0,080	0,19	1,35	0,009	0,001	0,080	0,02	0,006	0,0035						0,305
A2	0,083	0,19	1,35	0,009	0,001	0,080	0,02	0,006	0,0035						0,308
A3	0,090	0,19	1,35	0,009	0,001	0,080	0,02	0,006	0,0035						0,315
A4	0,098	0,19	1,35	0,009	0,001	0,080	0,02	0,007	0,0039						0,323
A5	0,100	0,20	1,35	0,010	0,002	0,015	0,02	0,009	0,0042						0,325
B1	0,045	0,20	1,35	0,010	0,001	0,025	0,02	0,011	0,0020	0,06			0,19		0,320
B2	0,050	0,23	1,40	0,010	0,001	0,025	0,02	0,012	0,0030	0,06			0,20		0,335
B3	0,055	0,25	1,45	0,011	0,003	0,025	0,02	0,013	0,0020	0,07			0,18		0,347
C1	0,055	0,05	1,59	0,012	0,003	0,012	0,04	0,012	0,0045		0,13	0,13	0,05	0,03	0,353
C2	0,058	0,06	1,60	0,011	0,002	0,008	0,03	0,010	0,0038		0,13	0,14	0,05	0,03	0,359
C3	0,066	0,09	1,63	0,009	0,002	0,009	0,03	0,013	0,0041		0,13	0,16	0,08	0,04	0,381
C4	0,070	0,10	1,67	0,013	0,003	0,013	0,03	0,011	0,0036		0,18	0,18	0,10	0,03	0,398
D1	0,080	0,25	1,26	0,015	0,003	0,040	0,05	0,013	0,0051	0,05					0,300
D2	0,090	0,28	1,31	0,013	0,002	0,050	0,04	0,012	0,0049	0,05					0,318
D3	0,100	0,28	1,31	0,013	0,003	0,050	0,04	0,012	0,0048	0,06					0,330
E1	0,040	0,30	1,37	0,010	0,001	0,013	0,02	0,010	0,0030	0,13		0,21	0,41		0,390
E2	0,050	0,35	1,40	0,010	0,001	0,013	0,02	0,012	0,0060	0,13		0,22	0,43		0,410
E3	0,055	0,36	1,44	0,011	0,003	0,015	0,02	0,013	0,0070	0,15		0,25	0,44		0,430

ES 2 659 172 T3

[Tabla 2]

Número de ensayo	Tubo de acero A o B	Tipo de acero	Condiciones de laminación en caliente					Plancha de acero		
			Temperatura de calentamiento [°C]	Reducción de laminación de acabado [%]	Temperatura final de laminación [°C]	Temperatura de inicio de enfriamiento [°C]	Temperatura de arrollamiento [°C]	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]
1	A	A1	1.230	80	860	820	490	379	527	72
	B	A4	1.230	80	860	820	560	401	531	76
2	A	A1	1.230	80	860	820	530	343	504	68
	B	A4	1.230	80	860	810	510	406	572	71
3	A	A4	1.230	80	860	820	530	407	528	77
	B	A4	1.230	80	860	820	500	420	538	78
4	A	A1	1.230	80	860	820	530	354	479	74
	B	A4	1.230	80	860	820	530	411	534	77
5	A	A3	1.230	80	860	820	560	376	530	71
	B	A1	1.230	80	860	810	510	350	538	65
6	A	A1	1.230	80	860	820	530	345	454	76
	B	A4	1.230	80	860	820	570	394	512	77
7	A	A1	1.230	80	860	820	530	345	480	72
	B	A3	1.230	80	860	820	500	398	530	75
8	A	A1	1.230	80	860	810	510	355	495	72
	B	A3	1.230	80	860	820	530	385	520	74
9	A	A2	1.230	80	860	820	560	362	489	74
	B	A4	1.230	80	860	820	570	397	522	76
10	A	A5	1.230	80	860	820	450	467	577	81
	B	A4	1.230	80	860	800	420	476	580	82
11	A	A2	1.230	80	860	810	510	382	512	75
	B	A1	1.230	80	860	820	500	372	523	71
12	A	B2	1.230	80	860	820	500	412	532	77
	B	B3	1.230	80	860	800	470	436	590	74
13	A	B1	1.230	80	860	820	500	367	510	72
	B	B2	1.230	80	860	820	530	386	529	73
14	A	B2	1.230	80	860	820	530	395	541	73
	B	B1	1.230	80	860	810	550	340	485	70
15	A	B1	1.230	80	860	800	470	409	541	76
	B	B1	1.230	80	860	820	500	374	505	74
16	A	C2	1.230	80	860	810	550	375	510	74
	B	C2	1.230	80	860	810	510	391	532	73
17	A	C4	1.230	80	860	820	530	433	528	82
	B	C2	1.230	80	860	820	450	434	536	81
18	A	C1	1.230	80	860	810	550	363	472	77
	B	C4	1.230	80	860	800	470	446	525	85
19	A	C1	1.230	80	860	820	500	394	512	77
	B	C2	1.230	80	860	810	540	387	530	73
20	A	C1	1.230	80	860	810	550	353	512	69
	B	C1	1.230	80	860	810	510	385	528	73
21	A	C2	1.230	80	860	820	570	371	501	74
	B	C2	1.230	80	860	820	530	390	522	75
22	A	C3	1.230	80	860	810	550	400	515	78
	B	C3	1.230	80	860	810	540	398	526	76
23	A	C2	1.230	80	860	820	570	371	515	72
	B	C3	1.230	80	860	810	510	410	540	76
24	A	C4	1.230	80	860	810	510	433	535	81
	B	C1	1.230	80	860	820	530	365	545	67
25	A	C1	1.230	80	860	810	550	349	529	66
	B	C1	1.230	80	860	820	530	367	532	69
26	A	C2	1.230	80	860	820	500	401	540	74
	B	C2	1.230	80	860	810	480	413	525	79

[Tabla 3]

Número de ensayo	Tubo de acero A o B	Tipo de acero	Condiciones de laminación en caliente					Plancha de acero		
			Temperatura de calentamiento [°C]	Reducción de laminación de acabado [%]	Temperatura final de laminación [°C]	Temperatura de inicio de enfriamiento [°C]	Temperatura de arrollamiento [°C]	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]
27	A	A2	1.230	80	860	820	530	365	504	72
	B	A4	1.230	80	860	820	490	430	587	73
28	A	A3	1.230	80	860	810	510	398	485	82
	B	A5	1.230	80	860	800	420	474	600	79
29	A	A2	1.230	80	860	820	530	358	512	70
	B	A4	1.230	80	860	820	450	441	580	76
30	A	A5	1.230	80	860	820	570	437	540	81
	B	A3	1.230	80	860	810	510	402	476	84
31	A	A2	1.230	80	860	820	570	341	542	63
	B	A5	1.230	80	860	820	490	445	571	78
32	A	A3	1.230	80	860	820	530	385	514	75
	B	A4	1.230	80	860	800	470	430	600	72
33	A	A2	1.230	80	860	820	560	365	474	77
	B	A4	1.230	80	860	810	510	415	552	75
34	A	A2	1.230	80	860	810	510	389	474	82
	B	A4	1.230	80	860	800	470	444	562	79
35	A	A2	1.230	80	860	820	530	358	512	70
	B	A5	1.230	80	860	800	470	466	568	82
36	A	A2	1.230	80	860	820	530	365	482	76
	B	A4	1.230	80	860	820	500	426	554	77
37	A	B1	1.230	80	860	820	530	368	500	74
	B	B2	1.230	80	860	800	470	421	587	72
38	A	B1	1.230	80	860	820	530	364	505	72
	B	B1	1.230	80	860	820	450	434	595	73
39	A	B1	1.230	80	860	820	530	365	485	75
	B	B3	1.230	80	860	820	450	451	593	76
40	A	C2	1.230	80	860	820	570	371	505	73
	B	C3	1.230	80	860	800	470	425	582	73
41	A	C1	1.230	80	860	810	540	369	498	74
	B	C3	1.230	80	860	820	450	450	570	79
42	A	C2	1.230	80	860	810	540	385	493	78
	B	C1	1.230	80	860	810	480	398	555	72
43	A	C1	1.230	80	860	810	550	364	480	76
	B	C3	1.230	80	860	810	540	400	538	74
44	A	C2	1.230	80	860	800	470	424	550	77
	B	C1	1.230	80	860	820	570	354	485	73
45	A	C3	1.230	80	860	820	570	395	502	79
	B	C2	1.230	80	860	810	480	416	568	73

ES 2 659 172 T3

[Tabla 4]

Número de ensayo	Tubo de acero A o B	Tipo de acero	Condiciones de laminación en caliente					Plancha de acero		
			Temperatura de calentamiento [°C]	Reducción de laminación de acabado [%]	Temperatura final de laminación [°C]	Temperatura de inicio de enfriamiento [°C]	Temperatura de arrollamiento [°C]	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]
46	A	A4	1.230	80	860	820	560	395	525	75
	B	A3	1.230	80	860	800	480	421	560	75
47	A	A1	1.230	80	860	810	510	365	500	73
	B	A2	1.230	80	860	810	510	371	515	72
48	A	A4	1.230	80	860	820	530	400	540	74
	B	A4	1.230	80	860	800	470	420	568	74
49	A	A4	1.230	80	860	820	560	393	531	74
	B	A4	1.230	80	860	810	510	410	547	75
50	A	A4	1.230	80	860	820	500	400	549	73
	B	A4	1.230	80	860	820	500	419	564	74
51	A	A4	1.230	80	860	820	560	411	542	76
	B	A4	1.230	80	860	810	510	426	558	76
52	A	A1	1.230	80	860	810	510	351	495	71
	B	A4	1.230	80	860	810	510	418	550	76
53	A	A4	1.230	80	860	810	510	401	549	73
	B	A5	1.230	80	860	800	420	452	603	75
54	A	A4	1.230	80	860	800	470	441	612	72
	B	A4	1.230	80	860	820	570	398	522	76
55	A	B1	1.230	80	860	820	500	367	500	73
	B	B1	1.230	80	860	800	470	414	553	75
56	A	B1	1.230	80	860	820	500	361	516	70
	B	B2	1.230	80	860	820	530	369	520	71
57	A	B1	1.230	80	860	820	530	384	497	77
	B	B2	1.230	80	860	800	470	435	587	74
58	A	C3	1.230	80	860	810	510	408	545	75
	B	C3	1.230	80	860	800	470	432	580	74
59	A	C2	1.230	80	860	810	510	383	540	71
	B	C1	1.230	80	860	820	530	375	535	70
60	A	C1	1.230	80	860	810	550	346	509	68
	B	C2	1.230	80	860	800	470	416	555	75
61	A	C2	1.230	80	860	810	480	418	566	74
	B	C3	1.230	80	860	820	450	445	578	77
62	A	C1	1.230	80	860	810	510	388	524	74
	B	C2	1.230	80	860	810	550	380	506	75
63	A	C3	1.230	80	860	810	540	406	534	76
	B	C3	1.230	80	860	820	450	444	576	77
64	A	C2	1.230	80	860	820	570	364	521	71
	B	C2	1.230	80	860	810	480	416	578	72
65	A	C3	1.230	80	860	820	450	448	578	78
	B	C1	1.230	80	860	810	510	382	528	72

[Tabla 5]

Número de ensayo	Tubo de acero A o B	Tipo de acero	Condiciones de laminación en caliente					Plancha de acero		
			Temperatura de calentamiento [°C]	Reducción de laminación de acabado [%]	Temperatura final de laminación [°C]	Temperatura de inicio de enfriamiento [°C]	Temperatura de arrollamiento [°C]	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]
66	A	C2	1.230	80	860	820	570	378	513	74
	B	C3	1.230	80	860	800	470	423	580	73
67	A	C3	1.230	80	860	810	510	416	540	77
	B	C4	1.230	80	860	800	470	458	603	76
68	A	C3	1.230	80	860	810	550	413	510	81
	B	C2	1.230	80	860	820	450	471	574	82
69	A	A2	1.230	80	860	820	530	365	499	73
	B	A4	1.230	80	860	810	510	412	554	74
70	A	A4	1.230	80	860	820	570	390	520	75
	B	A5	1.230	80	860	820	490	440	562	78
71	A	A2	1.230	80	860	810	510	383	517	74
	B	A4	1.230	80	860	820	450	434	586	74
72	A	A4	1.230	80	860	820	530	397	544	73
	B	A1	1.230	80	860	810	510	342	495	69
73	A	B1	1.230	80	860	820	530	350	500	70
	B	B2	1.230	80	860	800	470	435	573	76
74	A	B1	1.230	80	860	820	500	384	511	75
	B	B3	1.230	80	860	820	450	450	584	77
75	A	B2	1.230	80	860	820	530	394	519	76
	B	B3	1.230	80	860	820	450	465	591	79
76	A	C3	1.230	80	860	810	540	408	525	78
	B	C3	1.230	80	860	800	470	436	581	75
77	A	C3	1.230	80	860	820	570	399	505	79
	B	C3	1.230	80	860	820	450	464	580	80
78	A	C2	1.230	80	860	820	570	375	515	73
	B	C2	1.230	80	860	800	470	432	548	79
79	A	C1	1.230	80	860	810	550	345	470	73
	B	C2	1.230	80	860	810	480	417	560	74
80	A	C2	1.230	80	860	820	570	361	494	73
	B	C3	1.230	80	860	800	470	418	589	71
81	A	C3	1.230	80	860	810	540	399	532	75
	B	C3	1.230	80	860	800	470	425	584	73

ES 2 659 172 T3

[Tabla 6]

Número de ensayo	Tubo de acero A o B	Tipo de acero	Condiciones de laminación en caliente					Plancha de acero		
			Temperatura de calentamiento [°C]	Reducción de laminación de acabado [%]	Temperatura final de laminación [°C]	Temperatura de inicio de enfriamiento [°C]	Temperatura de arrollamiento [°C]	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]
82	A	A4	1.230	80	860	820	570	390	524	74
	B	A4	1.230	80	860	820	570	407	527	77
83	A	A3	1.230	80	860	820	500	397	530	75
	B	A5	1.230	80	860	820	490	421	571	74
84	A	A1	1.230	80	860	820	490	388	530	73
	B	A5	1.230	80	860	820	490	445	574	78
85	A	A4	1.230	80	860	820	490	435	581	75
	B	A4	1.230	80	860	820	490	439	586	75
86	A	B3	1.230	80	860	820	500	427	570	75
	B	B3	1.230	80	860	800	470	448	586	76
87	A	B1	1.230	80	860	820	530	355	489	73
	B	B2	1.230	80	860	820	500	405	535	76
88	A	C1	1.230	80	860	810	480	402	560	72
	B	C2	1.230	80	860	800	470	425	557	76
89	A	C2	1.230	80	860	810	540	355	490	72
	B	C1	1.230	80	860	810	550	367	481	76
90	A	C2	1.230	80	860	800	470	420	548	77
	B	C3	1.230	80	860	800	470	415	580	72
91	A	C3	1.230	80	860	820	450	436	570	76
	B	C2	1.230	80	860	820	500	418	541	77
92	A	A2	1.230	80	860	820	530	367	505	73
	B	A3	1.230	80	860	810	450	468	605	77
93	A	A2	1.230	80	860	820	560	368	478	77
	B	A2	1.230	80	860	820	530	415	540	77
94	A	A1	1.230	80	860	820	530	333	450	74
	B	A4	1.230	80	860	820	570	398	521	76
95	A	A4	1.230	80	860	820	570	393	510	77
	B	A5	1.230	80	860	800	470	452	565	80
96	A	A4	1.230	80	860	820	500	420	541	75
	B	A2	1.230	80	860	820	530	374	499	75
97	A	B2	1.230	80	860	820	530	385	544	71
	B	B2	1.230	80	860	800	470	438	581	75
98	A	B1	1.230	80	860	820	500	374	510	73
	B	B2	1.230	80	860	800	470	450	575	78
99	A	C3	1.230	80	860	810	510	411	549	75
	B	C2	1.230	80	860	810	480	422	571	74
100	A	C4	1.230	80	860	810	510	420	934	79
	B	C4	1.230	80	860	800	470	458	599	76
101	A	C2	1.230	80	860	810	540	385	530	73
	B	C3	1.230	80	860	800	470	430	595	72
102	A	C2	1.230	80	860	820	570	375	494	76
	B	C4	1.230	80	860	820	440	482	635	76
103	A	A1	1.230	80	860	820	500	398	528	75
	B	A5	1.230	80	860	820	490	450	575	78
104	A	B1	1.230	80	860	820	530	350	495	71
	B	B2	1.230	80	860	820	510	399	534	75
105	A	C2	1.230	80	860	800	480	410	545	75
	B	C3	1.230	80	860	800	470	418	580	72

[Tabla 7]

Número de ensayo	Tubo de acero A o B	Tipo de acero	Condiciones de laminación en caliente					Plancha de acero		
			Temperatura de calentamiento [°C]	Reducción de laminación de acabado [%]	Temperatura final de laminación [°C]	Temperatura de inicio de enfriamiento [°C]	Temperatura de arrollamiento [°C]	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]
106	A	C1	1.230	80	860	810	550	338	472	72
	B	C1	1.230	80	860	810	540	364	499	73
107	A	C1	1.230	80	860	820	57	341	487	70
	B	C1	1.230	80	860	810	540	383	532	72
108	A	C1	1.230	80	860	810	550	385	510	75
	B	C3	1.230	80	860	810	540	410	525	78
109	A	C1	1.230	80	860	810	550	345	462	75
	B	C2	1.230	80	860	810	510	388	533	73
110	A	C1	1.230	80	860	820	580	340	454	75
	B	C3	1.230	80	860	820	450	445	571	78
111	A	C4	1.230	80	860	820	440	467	640	73
	B	C4	1.230	80	860	820	430	500	675	74
112	A	C4	1.230	80	860	820	440	480	624	77
	B	C4	1.230	80	860	820	440	471	628	75
113	A	C4	1.230	80	860	820	440	466	623	75
	B	C4	1.230	80	860	820	430	509	668	76
114	A	C4	1.230	80	860	820	430	397	567	70
	B	C1	1.230	80	860	810	480	402	566	71
115	A	C4	1.230	80	860	820	440	460	635	72
	B	C4	1.230	80	860	800	470	475	610	78
116	A	C3	1.230	80	860	800	470	430	582	74
	B	C4	1.230	80	860	820	440	485	649	75
117	A	C4	1.230	80	860	820	470	467	600	78
	B	C4	1.230	80	860	820	430	500	657	76
118	A	C4	1.230	80	860	820	440	463	628	74
	B	C4	1.230	80	860	820	420	518	700	74
119	A	C4	1.230	80	860	820	440	480	631	76
	B	C4	1.230	80	860	820	420	547	715	77

[Tabla 8]

Número de ensayo	Tubo de acero A o B	Tipo de acero	Condiciones de laminación en caliente	
			Temperatura de calentamiento [°C]	Método de producción después del calentamiento
120	A	D1	1.260	Enfriamiento por aire después de laminación en caliente mediante método de producción Mannesmann
	B	D1	1.260	
121	A	D2	1.260	
	B	D3	1.260	
122	A	D1	1.260	
	B	D3	1.260	

[Tabla 9]

Número de ensayo	Tubo de acero A o B	Tipo de acero	Condiciones de laminación en caliente					Plancha de acero		
			Temperatura de calentamiento [°C]	Reducción de laminación de acabado [%]	Temperatura final de laminación [°C]	Temperatura de inicio de enfriamiento [°C]	Temperatura final de enfriamiento [°C]	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]
123	A	E1	1.150	80	830	800	410	469	565	83
	B	E1	1.150	80	840	800	360	487	580	84
124	A	E2	1.150	80	770	750	350	494	633	78
	B	E3	1.150	80	770	760	320	541	652	83
125	A	E3	1.150	80	750	740	270	539	682	79
	B	E3	1.150	80	740	730	180	528	675	78
126	A	E1	1.150	80	800	770	385	456	570	80
	B	E2	1.150	80	790	760	410	494	610	81
127	A	E1	1.150	80	820	780	400	466	568	82
	B	E3	1.150	80	760	740	210	547	692	79

[Tabla 10]

Número de ensayo	Tubo de acero A o B	Tipo de acero	Condiciones de laminación en caliente					Plancha de acero		
			Temperatura de calentamiento [°C]	Reducción de laminación de acabado [%]	Temperatura final de laminación [°C]	Temperatura de inicio de enfriamiento [°C]	Temperatura de arrollamiento [°C]	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]
128	A	A4	1.230	80	860	820	570	394	512	77
	B		1.230	80	860	820	570	397	522	76
129	A	B2	1.230	80	860	820	530	386	529	77
	B		1.230	80	860	820	530	395	541	73
130	A	C2	1.230	80	860	820	570	371	501	74
	B		1.230	80	860	820	570	371	515	72

ES 2 659 172 T3

[Tabla 11]

Número de ensayo	Tubo de acero								
	Método de fabricación del tubo	Diámetro externo [mm]	Espesor [mm]	Tratamiento térmico	Revestimiento con resina termoes estable	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]	Tipo de curva SS
1	ERW	193,7	9,53	Ninguno	Ninguno	470	553	85	Redondo
						500	568	88	Redondo
2	ERW			Ninguno	Ninguno	460	541	85	Redondo
						530	596	89	Redondo
3	ERW			Ninguno	Ninguno	500	556	90	Redondo
						500	568	88	Redondo
4	ERW			Ninguno	Ninguno	455	506	90	Redondo
						520	559	93	Redondo
5	ERW			Ninguno	Ninguno	470	553	85	Redondo
						500	568	88	Redondo
6	ERW			Ninguno	Ninguno	460	489	94	Redondo
						510	537	95	Redondo
7	ERW			Ninguno	Ninguno	490	505	97	Redondo
						550	561	88	Redondo
8	ERW		10,5	Ninguno	Ninguno	450	511	88	Redondo
						510	554	92	Redondo
9	ERW			Ninguno	Ninguno	450	511	88	Redondo
						490	551	89	Redondo
10	ERW			Ninguno	Ninguno	560	502	93	Redondo
						590	615	96	Redondo
11	ERW			Ninguno	Ninguno	470	540	87	Redondo
						520	553	94	Redondo
12	ERW	304,8	12	Ninguno	Ninguno	470	553	85	Redondo
						550	625	88	Redondo
13	ERW			Ninguno	Ninguno	460	541	85	Redondo
						470	553	85	Redondo
14	ERW			Ninguno	Ninguno	510	567	90	Redondo
						460	517	89	Redondo
15	ERW			Ninguno	Ninguno	530	564	94	Redondo
						470	534	88	Redondo
16	ERW	323,9	17,5	Ninguno	Ninguno	470	534	88	Redondo
						500	556	90	Redondo
17	ERW			Ninguno	Ninguno	520	553	94	Redondo
						540	557	97	Redondo
18	ERW			Ninguno	Ninguno	480	505	95	Redondo
						540	557	97	Redondo
19	ERW			Ninguno	Ninguno	470	534	88	Redondo
						500	556	90	Redondo
20	ERW			Ninguno	Ninguno	470	534	88	Redondo
						500	556	90	Redondo
21	ERW			Ninguno	Ninguno	470	534	88	Redondo
						500	556	90	Redondo
22	ERW	508	22	Ninguno	Ninguno	460	548	84	Redondo
						480	552	87	Redondo
23	ERW			Ninguno	Ninguno	460	548	84	Redondo
						520	578	90	Redondo
24	ERW			Ninguno	Ninguno	530	564	94	Redondo
						470	566	83	Redondo
25	ERW			Ninguno	Ninguno	450	549	82	Redondo
						470	566	83	Redondo
26	ERW			Ninguno	Ninguno	520	565	92	Redondo
						530	564	94	Redondo

[Tabla 12]

Número de ensayo	Tubo de acero								
	Método de fabricación del tubo	Diámetro externo [mm]	Espesor [mm]	Tratamiento térmico	Revestimiento con resina termoes estable	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]	Tipo de curva SS
27	ERW	193,7	9,53	Ninguno	Ninguno	450	536	84	Redondo
						540	614	88	Redondo
28	ERW			Ninguno	Ninguno	480	505	95	Redondo
						550	625	88	Redondo
29	ERW			Ninguno	Ninguno	450	536	84	Redondo
						540	614	88	Redondo
30	ERW			Ninguno	Ninguno	550	573	96	Redondo
						480	500	96	Redondo
31	ERW			Ninguno	Ninguno	450	563	80	Redondo
						550	598	92	Redondo
32	ERW			Ninguno	Ninguno	480	536	84	Redondo
						540	621	87	Redondo
33	ERW		10,5	Ninguno	Ninguno	470	500	94	Redondo
						540	587	92	Redondo
34	ERW			Ninguno	Ninguno	480	500	96	Redondo
						550	585	94	Redondo
35	ERW			Ninguno	Ninguno	450	542	83	Redondo
						560	596	94	Redondo
36	ERW			Ninguno	Ninguno	450	500	90	Redondo
						530	570	93	Redondo
37	ERW	304,8	12	Ninguno	Ninguno	460	535	86	Redondo
						550	618	89	Redondo
38	ERW			Ninguno	Ninguno	470	528	89	Redondo
						550	618	89	Redondo
39	ERW			Ninguno	Ninguno	480	522	92	Redondo
						550	618	89	Redondo
40	ERW	323,9	17,5	Ninguno	Ninguno	470	534	88	Redondo
						550	611	90	Redondo
41	ERW			Ninguno	Ninguno	485	533	91	Redondo
						570	600	95	Redondo
42	ERW			Ninguno	Ninguno	490	510	96	Redondo
						555	584	95	Redondo
43	ERW	508	22	Ninguno	Ninguno	455	506	90	Redondo
						530	570	93	Redondo
44	ERW			Ninguno	Ninguno	540	568	95	Redondo
						465	517	90	Redondo
45	ERW			Ninguno	Ninguno	500	532	94	Redondo
						570	600	95	Redondo

ES 2 659 172 T3

[Tabla 13]

Número de ensayo	Tubo de acero								
	Método de fabricación del tubo	Diámetro externo [mm]	Espesor [mm]	Tratamiento térmico	Revestimiento con resina termoes estable	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]	Tipo de curva SS
46	ERW	193,7	9,53	QT	Ninguno	465	554	84	YPE
						505	587	86	YPE
47	ERW			QT	Ninguno	455	529	86	YPE
						465	541	86	YPE
48	ERW			QT	Ninguno	480	558	86	YPE
						520	591	88	YPE
49	ERW			QT	Ninguno	490	563	87	YPE
						520	578	90	YPE
50	ERW		10,5	QT	Ninguno	540	587	92	YPE
						525	590	89	YPE
51	ERW			QT	Ninguno	470	566	83	YPE
						520	591	88	YPE
52	ERW			QT	Ninguno	450	529	85	YPE
						513	576	89	YPE
53	ERW			QT	Ninguno	500	581	86	YPE
						560	622	90	YPE
54	ERW			QT	Ninguno	550	640	86	YPE
						488	555	88	YPE
55	ERW	304,8	12	QT	Ninguno	448	533	84	YPE
						512	582	88	YPE
56	ERW			QT	Ninguno	460	541	85	YPE
						470	547	86	YPE
57	ERW	323,9	17,5	QT	Ninguno	498	535	93	YPE
						547	615	89	YPE
58	ERW			QT	Ninguno	504	573	88	YPE
						547	615	89	YPE
59	ERW			QT	Ninguno	465	567	82	YPE
						465	567	82	YPE
60	ERW			QT	Ninguno	455	542	84	YPE
						520	578	90	YPE
61	ERW	508	22	QT	Ninguno	545	606	90	YPE
						550	598	92	YPE
62	ERW			QT	Ninguno	465	547	85	YPE
						470	540	87	YPE
63	ERW			QT	Ninguno	490	557	88	YPE
						540	600	90	YPE
64	ERW			QT	Ninguno	467	531	88	YPE
						530	609	87	YPE
65	ERW			QT	Ninguno	513	597	86	YPE
						470	566	83	YPE

ES 2 659 172 T3

[Tabla 14]

Número de ensayo	Tubo de acero								
	Método de fabricación del pipe	Diámetro externo [mm]	Espesor [mm]	Tratamiento térmico	Revestimiento con resina termoes estable	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]	Tipo de curva SS
66	ERW	193,7	9,53	QT	Ninguno	460	541	85	YPE
						530	616	86	YPE
67	ERW			QT	Ninguno	490	557	88	YPE
						555	631	88	YPE
68	ERW			QT	Ninguno	50	538	93	YPE
						565	595	95	YPE
69	ERW			QT	Ninguno	430	524	82	YPE
						503	592	85	YPE
70	ERW		10,5	QT	Ninguno	470	547	86	YPE
						540	600	90	YPE
71	ERW			QT	Ninguno	490	544	90	YPE
						562	611	92	YPE
72	ERW			QT	Ninguno	520	571	91	YPE
						452	526	86	YPE
73	ERW	304,8	12	QT	Ninguno	456	530	86	YPE
						535	601	89	YPE
74	ERW			QT	Ninguno	472	536	88	YPE
						542	609	89	YPE
75	ERW	323,9	17,5	QT	Ninguno	500	543	92	YPE
						580	617	94	YPE
76	ERW			QT	Ninguno	482	548	88	YPE
						550	611	90	YPE
77	ERW			QT	Ninguno	502	534	94	YPE
						572	602	95	YPE
78	ERW	508	22	QT	Ninguno	475	540	88	YPE
						546	575	95	YPE
79	ERW			QT	Ninguno	448	498	90	YPE
						526	584	90	YPE
80	ERW			QT	Ninguno	462	519	89	YPE
						546	620	88	YPE
81	ERW	508	22	QT	Ninguno	510	567	90	YPE
						584	615	95	YPE

[Tabla 15]

Número de ensayo	Tubo de acero								
	Método de fabricación del tubo	Diámetro externo [mm]	Espesor [mm]	Tratamiento térmico	Revestimiento con resina termoestable	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]	Tipo de curva SS
82	ERW	193,7	9,53	Tratamiento de normalización	Ninguno	488	555	88	YPE
						490	557	88	YPE
83	ERW			Tratamiento de normalización	Ninguno	505	555	91	YPE
						560	596	94	YPE
84	ERW		10,5	Tratamiento de normalización	Ninguno	530	558	95	YPE
						582	606	96	YPE
85	ERW			Tratamiento de normalización	Ninguno	542	609	89	YPE
						555	617	90	YPE
86	ERW	304,8	12	Templado	Ninguno	536	602	89	YPE
						586	617	95	YPE
87	ERW			Templado	Ninguno	472	513	92	YPE
						527	561	94	YPE
88	ERW	323,9	17,5	Tratamiento de normalización	Ninguno	568	592	96	YPE
						546	581	94	YPE
89	ERW			Tratamiento de normalización	Ninguno	460	517	89	YPE
						465	511	91	YPE
90	ERW	508	22	Tratamiento de normalización	Ninguno	560	571	98	YPE
						578	602	96	YPE
91	ERW			Tratamiento de normalización	Ninguno	513	597	86	YPE
						470	566	83	YPE
92	ERW	193,7	9,53	Tratamiento de normalización	Ninguno	489	537	91	YPE
						570	640	89	YPE
93	ERW			Tratamiento de normalización	Ninguno	490	505	97	YPE
						560	571	98	YPE
94	ERW		10,5	Tratamiento de normalización	Ninguno	460	484	95	YPE
						525	553	95	YPE
95	ERW			Tratamiento de normalización	Ninguno	506	538	94	YPE
						589	601	98	YPE
96	ERW			Tratamiento de normalización	Ninguno	520	571	91	YPE
						452	526	86	YPE
97	ERW	304,8	12	Tratamiento de normalización	Ninguno	514	578	89	YPE
						584	615	95	YPE
98	ERW			Tratamiento de normalización	Ninguno	499	542	92	YPE
						590	608	97	YPE
99	ERW	323,9	17,5	Tratamiento de normalización	Ninguno	503	572	88	YPE
						572	602	95	YPE
100	ERW			Tratamiento de normalización	Ninguno	536	570	94	YPE
						600	632	95	YPE
101	ERW	508	22	Templado	Ninguno	521	566	92	YPE
						589	627	94	YPE
102	ERW			Templado	Ninguno	508	524	97	YPE
						584	664	88	YPE
103	ERW	193,7	10,5	Ninguno	Existente	520	550	95	YPE
						575	600	96	YPE
104	ERW	304,8	12	Ninguno	Existente	470	515	91	YPE
						520	555	94	YPE
105	ERW	508	22	Ninguno	Existente	551	568	97	YPE
						570	605	94	YPE

[Tabla 16]

Número de ensayo	Tubo de acero								
	Método de fabricación del tubo	Diámetro externo [mm]	Espesor [mm]	Tratamiento térmico	Revestimiento con resina termoes estable	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]	Tipo de curva SS
106	ERW	508	22	Ninguno	Ninguno	420	500	84	Redondo
						456	526	87	Redondo
107	ERW			Ninguno	Ninguno	440	512	86	Redondo
						505	561	90	Redondo
108	ERW			Ninguno	Ninguno	480	539	89	Redondo
						510	554	92	Redondo
109	ERW			Ninguno	Ninguno	460	489	94	Redondo
						530	564	94	Redondo
110	ERW			Ninguno	Ninguno	462	486	95	Redondo
						540	600	90	Redondo
111	ERW	323,9	17,5	Ninguno	Ninguno	590	670	88	Redondo
						640	711	90	Redondo
112	ERW			Ninguno	Ninguno	600	652	92	Redondo
						620	660	94	Redondo
113	ERW	508	22	Ninguno	Ninguno	570	648	88	Redondo
						645	694	93	Redondo
114	ERW			Ninguno	Ninguno	525	597	88	Redondo
						530	589	90	Redondo
115	ERW			Ninguno	Ninguno	625	665	94	Redondo
						564	641	88	Redondo
116	ERW	323,9	17,5	Ninguno	Ninguno	565	614	92	Redondo
						640	681	94	Redondo
117	ERW			Ninguno	Ninguno	572	636	90	Redondo
						652	686	95	Redondo
118	ERW	508	22	Ninguno	Ninguno	600	652	92	Redondo
						680	723	94	Redondo
119	ERW			Ninguno	Ninguno	612	658	93	Redondo
						686	738	93	Redondo

[Tabla 17]

Número de ensayo	Tubo de acero								
	Método de fabricación del tubo	Diámetro externo [mm]	Espesor [mm]	Tratamiento térmico	Revestimiento con resina termoes estable	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]	Tipo de curva SS
120	SML	304,8	12	930°CQ 650°CCT	Ninguno	515	602	86	YPE
						520	607	86	YPE
121	SML			930°CQ 580°CCT	Ninguno	551	636	87	YPE
						598	698	86	YPE
122	SML			930°CQ 650°CCT	Ninguno	522	606	86	YPE
						593	676	88	YPE

[Tabla 18]

Número de ensayo	Tubo de acero								
	Método de fabricación del tubo	Diámetro externo [mm]	Espesor [mm]	Tratamiento térmico	Revestimiento con resina termoes estable	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]	Tipo de curva SS
123	UOE	508	22	Ninguno	Ninguno	507	582	87	Redondo
						532	602	88	Redondo
124	UOE			Ninguno	Ninguno	587	647	91	Redondo
						597	672	89	Redondo
125	UOE			Ninguno	Ninguno	640	700	91	Redondo
						634	695	91	Redondo
126	UOE			Ninguno	Ninguno	523	593	88	Redondo
						556	631	88	Redondo
127	UOE			Ninguno	Ninguno	516	591	87	Redondo
						627	707	89	Redondo

[Tabla 19]

Número de ensayo	Tubo de acero								
	Método de fabricación del tubo	Diámetro externo [mm]	Espesor [mm]	Tratamiento térmico	Revestimiento con resina termoes estable	YS [MPa]	TS [MPa]	YR [%]	Tipo de curva SS
128	ERW	193,7	9,53	Ninguno	Ninguno	510	537	95	Redondo
						482	550	88	Redondo
129	ERW	304,8	12	Ninguno	Ninguno	470	553	85	Redondo
						510	567	90	Redondo
130	ERW	508	22	Ninguno	Ninguno	489	534	88	Redondo
						455	548	83	Redondo

[Tabla 20]

Número de ensayo	Diámetro de cama [mm]	Lado derecho de la expresión (2)	ΔYS [MPa]	Resultado del ensayo	Observaciones
1	7.500	81	30	No fracturado	Ejemplo
2	7.500	81	70	No fracturado	
3	7.500	73	0	No fracturado	
4	7.500	73	65	No fracturado	
5	7.500	81	30	No fracturado	
6	7.500	66	50	No fracturado	
7	7.500	60	60	No fracturado	
8	7.500	76	60	No fracturado	
9	7.500	76	40	No fracturado	
10	7.500	67	30	No fracturado	
11	9.000	78	50	No fracturado	
12	10.000	81	80	No fracturado	
13	10.000	81	10	No fracturado	
14	10.000	74	50	No fracturado	
15	10.000	76	60	No fracturado	
16	15.000	76	30	No fracturado	
17	15.000	66	20	No fracturado	
18	15.000	64	60	No fracturado	
19	15.000	76	30	No fracturado	
20	15.000	76	30	No fracturado	
21	15.000	76	30	No fracturado	
22	15.000	83	20	No fracturado	
23	15.000	83	60	No fracturado	
24	15.000	85	60	No fracturado	
25	15.000	87	20	No fracturado	
26	15.000	69	10	No fracturado	

[Tabla 21]

Número de ensayo	Diámetro de cama [mm]	Lado derecho de la expresión (2)	ΔYS [MPa]	Resultado del ensayo	Observaciones
27	7.500	83	90	fracturado	Ejemplo comparativo
28	7.500	64	70	fracturado	
29	7.500	83	90	fracturado	
30	7.500	62	70	fracturado	
31	7.500	90	100	fracturado	
32	7.500	83	90	fracturado	
33	7.500	66	70	fracturado	
34	7.500	62	70	fracturado	
35	7.500	85	110	fracturado	
36	7.500	73	80	fracturado	
37	10.000	80	90	fracturado	
38	10.000	74	80	fracturado	
39	10.000	69	70	fracturado	
40	15.000	76	80	fracturado	
41	15.000	71	85	fracturado	
42	15.000	62	65	fracturado	
43	15.000	73	75	fracturado	
44	15.000	73	75	fracturado	
45	15.000	66	70	fracturado	

[Tabla 22]

Número de ensayo	Diámetro de cama [mm]	Lado derecho de la expresión (6)	ΔYS [MPa]	Resultado del ensayo	Observaciones
46	7.500	67	40	No fracturado	Ejemplo
47	7.500	66	10	No fracturado	
48	7.500	66	40	No fracturado	
49	7.500	65	30	No fracturado	
50	7.500	64	15	No fracturado	
51	7.500	68	50	No fracturado	
52	7.500	66	63	No fracturado	
53	7.500	66	60	No fracturado	
54	9.000	64	62	No fracturado	
55	10.000	67	64	No fracturado	
56	10.000	66	10	No fracturado	
57	10.000	61	49	No fracturado	
58	15.000	64	43	No fracturado	
59	15.000	68	0	No fracturado	
60	15.000	67	65	No fracturado	
61	15.000	63	5	No fracturado	
62	15.000	66	5	No fracturado	
63	15.000	64	50	No fracturado	
64	15.000	64	63	No fracturado	
65	15.000	68	43	No fracturado	

[Tabla 23]

Número de ensayo	Diámetro de cama [mm]	Lado derecho de la expresión (6)	ΔYS [MPa]	Resultado del ensayo	Observaciones
66	7.500	66	70	fracturado	Ejemplo comparativo
67	7.500	64	65	fracturado	
68	7.500	61	65	fracturado	
69	7.500	68	73	fracturado	
70	7.500	66	70	fracturado	
71	7.500	63	72	fracturado	
72	7.500	66	68	fracturado	
73	10.000	66	79	fracturado	
74	10.000	64	70	fracturado	
75	10.000	62	80	fracturado	
76	15.000	64	68	fracturado	
77	15.000	60	70	fracturado	
78	15.000	64	71	fracturado	
79	15.000	63	78	fracturado	
80	15.000	64	84	fracturado	
81	15.000	63	74	fracturado	

[Tabla 24]

Número de ensayo	Diámetro de cama [mm]	Lado derecho de la expresión (6)	ΔYS [MPa]	Resultado del ensayo	Observaciones
82	7.500	64	2	No fracturado	Ejemplo
83	7.500	62	55	No fracturado	
84	7.500	59	52	No fracturado	
85	7.500	64	13	No fracturado	
86	10.000	64	50	No fracturado	
87	10.000	62	55	No fracturado	
88	15.000	60	22	No fracturado	
89	15.000	64	5	No fracturado	
90	15.000	57	18	No fracturado	
91	15.000	68	43	No fracturado	
92	7.500	62	81	fracturado	Ejemplo comparativo
93	7.500	58	70	fracturado	
94	7.500	59	65	fracturado	
95	7.500	60	83	fracturado	
96	7.500	66	68	fracturado	
97	10.000	64	70	fracturado	
98	10.000	62	91	fracturado	
99	15.000	64	69	fracturado	
100	15.000	60	64	fracturado	
101	15.000	62	68	fracturado	
102	15.000	58	76	fracturado	
103	7.500	59	55	No fracturado	Ejemplo
104	10.000	62	50	No fracturado	
105	15.000	58	19	No fracturado	

[Tabla 25]

Número de ensayo	Diámetro de cama [mm]	Lado derecho de la expresión (2)	ΔYS [MPa]	Resultado del ensayo	Observaciones
106	15.000	83	36	No fracturado	Ejemplo
107	15.000	80	65	No fracturado	
108	15.000	74	30	No fracturado	
109	15.000	66	70	fracturado	Ejemplo comparativo
110	15.000	64	78	fracturado	
111	15.000	76	50	No fracturado	Ejemplo
112	15.000	69	20	No fracturado	
113	15.000	76	75	No fracturado	
114	15.000	76	5	No fracturado	
115	15.000	76	61	No fracturado	
116	15.000	69	75	fracturado	Ejemplo comparativo
117	15.000	73	80	fracturado	
118	15.000	69	80	fracturado	
119	15.000	67	74	fracturado	

[Tabla 26]

Número de ensayo	Diámetro de cama [mm]	Lado derecho de la expresión (6)	ΔYS [MPa]	Resultado del ensayo	Observaciones
120	10.000	66	5	No fracturado	Ejemplo
121	10.000	65	47	No fracturado	
122	10.000	66	71	fracturado	Ejemplo comparativo

[Tabla 27]

Número de ensayo	Diámetro de cama [mm]	Lado derecho de la expresión (2)	ΔYS [MPa]	Resultado del ensayo	Observaciones
123	15.000	78	25	No fracturado	Ejemplo
124	15.000	71	10	No fracturado	
125	15.000	70	6	No fracturado	
126	15.000	76	33	No fracturado	
127	15.000	77	111	fracturado	Ejemplo comparativo

[Tabla 28]

Número de ensayo	Diámetro de cama [mm]	Número de producción	Lado derecho de la expresión (2)	ΔYS [MPa]	Resultado del ensayo	Observaciones
128	7.500	X+1	76	28	No fracturado	Ejemplo
		X+3				
129	10.000	Y+1	81	40	No fracturado	
		Y+2				
130	15.000	Z+1	85	14	No fracturado	
		Z+4				

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar el ducto en el cual las propiedades de deformación del tubo de acero se muestran suficientemente y así, la presente invención contribuye a la industria muy notablemente.

[Breve descripción de los símbolos de referencia]

5 Los signos de referencia usados en la descripción se listan debajo:

1: PIPELINE

2, A, B: TUBO DE ACERO

3: ZONA DE SOLDADURA

4: TAMBOR

10 5: ZONA AFECTADA POR EL CALOR (HAZ)

10: APARATO DE ENSAYOS

11: BED DE ENDEREZADO

12: BED DE CURVADO

13: CARGA DE CURVADO

15

REIVINDICACIONES

1. Un ducto que comprende una pluralidad de zonas de soldadura en donde los extremos de una pluralidad de tubos de acero están unidos por soldeo, en el que

la pluralidad de tubos de acero es producida a partir de una pluralidad de cargas de acero fundido que tiene una o más composiciones de acero;

un alargamiento en el punto de fluencia no está presente sobre una curva esfuerzo-deformación que se obtiene cuando se aplica esfuerzo en una dirección longitudinal de cada uno de los tubos de acero;

t, el cual es un espesor de cada uno de los tubos de acero en unidades de mm, y D, el cual es un diámetro externo de tubo medio en unidades de mm, satisfacen una expresión (1) que sigue;

en la pluralidad de zonas de soldadura, ΔYS , la cual es una diferencia de límite elástico entre un tubo de acero y el otro tubo de acero que son soldados entre sí en unidades de MPa, y YR, la cual representa una ratio elástica que es una ratio del límite elástico a una resistencia a la tracción de un tubo que tiene un límite elástico bajo de entre el un tubo de acero y el otro tubo de acero, satisfacen una expresión (2) siguiente;

$$t/D \times 100 \leq 6 \dots (1)$$

$$\Delta YS \leq -1,75 \times YR + 230 \dots (2)$$

las composiciones del acero incluyen, en % en peso,

C: 0,04% o más y 0,15% o menos,

Mn: 1,0% o más y 1,75% menos,

Nb: 0,005% o más y 0,10% o menos,

Ti: 0,005% o más y 0,02% o menos,

Al: 0,001% o más y 0,06% o menos,

Si: limitado a 0,4% o menos,

P: limitado a 0,015% o menos,

S: limitado a 0,005% o menos,

N: limitado a 0,007% o menos,

opcionalmente uno o más de

Cu: 0,1% o más y 1,0% o menos,

Ni: 0,1% o más y 1,0% o menos

Cr: 0,1% o más y 1,0% o menos

Mo: 0,05% o más y 0,3% o menos y

V: 0,01% o más y 0,1 % o menos, y

un resto que consta de Fe e impurezas inevitables;

un valor ΔCeq , el cual es un valor absoluto de una diferencia de valores de Ceq expresada por la expresión (4) siguiente entre el un tubo de acero y el otro tubo de acero, es 0,045% o menos;

$$Ceq = [C] + [Mn]/6 + ([Ni] + [Cu])/15 + ([Cr] + [Mo] + [V])/5 \dots (4)$$

donde [C], [Mn], [Ni], [Cu], [Cr], [Mo] y [V] representan las cantidades de C, Mn, Ni, Cu, Cr, Mo y V, en % en peso; y la resistencia a la tracción de la pluralidad de los tubos de acero es 450 MPa o más a 850 MPa o menos.

2. Un ducto que comprende una pluralidad de zonas de soldadura en donde los extremos de una pluralidad de tubos de acero están unidos por soldeo, en el que

la pluralidad de tubos de acero es producida a partir de una pluralidad de cargas de acero fundido que tiene una o más composiciones de acero;

un alargamiento en el punto de fluencia no está presente sobre una curva esfuerzo-deformación que se obtiene cuando se aplica esfuerzo en una dirección longitudinal de cada uno de los tubos de acero;

t, el cual es un espesor de cada uno de los tubos de acero en unidades de mm, y D, el cual es un diámetro externo de tubo medio en unidades de mm, satisfacen una expresión (5) que sigue;

en la pluralidad de zonas de soldadura, ΔYS , la cual es una diferencia de límite elástico entre un tubo de acero y el otro tubo de acero que son soldados entre sí en unidades de MPa, y YR, la cual representa una ratio elástica que es una ratio del límite elástico a una resistencia a la tracción de un tubo que tiene un límite elástico bajo de entre el un tubo de acero y el otro tubo de acero, satisfacen una expresión (6) siguiente;

$$t/D \times 100 \leq 6 \dots (5)$$

$$\Delta YS \leq -0,69 \times YR + 125 \dots (6)$$

las composiciones del acero incluyen, en % en peso,

C: 0,04% o más y 0,15% o menos,

Mn: 1,0% o más y 1,75% menos,
 Nb: 0,005% o más y 0,10% o menos,
 Ti: 0,005% o más y 0,02% o menos,
 Al: 0,001% o más y 0,06% o menos,
 Si: limitado a 0,4% o menos,
 P: limitado a 0,015% o menos,
 S: limitado a 0,005% o menos,
 N: limitado a 0,007% o menos,
 opcionalmente uno o más de
 Cu: 0,1% o más y 1,0% o menos,
 Ni: 0,1% o más y 1,0% o menos
 Cr: 0,1% o más y 1,0% o menos
 Mo: 0,05% o más y 0,3% o menos y
 V: 0,01% o más y 0,1 % o menos, y
 un resto que consta de Fe e impurezas inevitables;

un valor ΔCeq , el cual es un valor absoluto de una diferencia de valores de Ceq expresada por la expresión (10) siguiente entre el un tubo de acero y el otro tubo de acero, es 0,045% o menos;

$$Ceq = [C] + [Mn]/6 + ([Ni] + [Cu])/15 + ([Cr] + [Mo] + [V])/5 \dots (10)$$

donde [C], [Mn], [Ni], [Cu], [Cr], [Mo] y [V] representan las cantidades de C, Mn, Ni, Cu, Cr, Mo y V, en % en peso; y la resistencia a la tracción de la pluralidad de los tubos de acero es 450 MPa o más a 850 MPa o menos; y opcionalmente, las superficies interna y externa de la pluralidad de tubos de acero están revestidas con resina termoestable.

3. Un método de producir el ducto de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo el método:

un primer proceso de medida del límite elástico en el cual se mide el límite elástico de la pluralidad de los tubos de acero; y
 un primer proceso de soldeo en el cual se sueldan los tubos de acero en los cuales la ΔYS satisface la expresión (2) de arriba.

4. Un método de producir el ducto de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo el método:

un primer proceso de asignación en el cual se asignan números de producción a la pluralidad de los tubos de acero, susceptibles de especificar cada uno de los tubos de acero, en orden de laminación; y
 un segundo proceso de soldeo en el cual se sueldan los tubos de acero producidos a partir del mismo acero fundido y la misma bobina arrollada en caliente y que tienen una diferencia entre los números de producción de 1 o más y 5 o menos.

5. Un método de producir el ducto de acuerdo con la reivindicación 2, comprendiendo el método:

un segundo proceso de medida del límite elástico en el cual se mide el límite elástico de la pluralidad de los tubos de acero; y
 un tercer proceso de soldeo en el cual se sueldan los tubos de acero en los cuales la ΔYS satisface la expresión (6) de arriba.

6. Un método de producir el ducto de acuerdo con la reivindicación 2, comprendiendo el método:

un segundo proceso de asignación en el cual se asignan números de producción a la pluralidad de los tubos de acero, susceptibles de especificar cada uno de los tubos de acero, en orden de laminación; y
 un cuarto proceso de soldeo en el cual se sueldan los tubos de acero producidos a partir del mismo acero fundido y la misma bobina arrollada en caliente y que tienen una diferencia entre los números de producción de 1 o más y 5 o menos.

FIG. 1

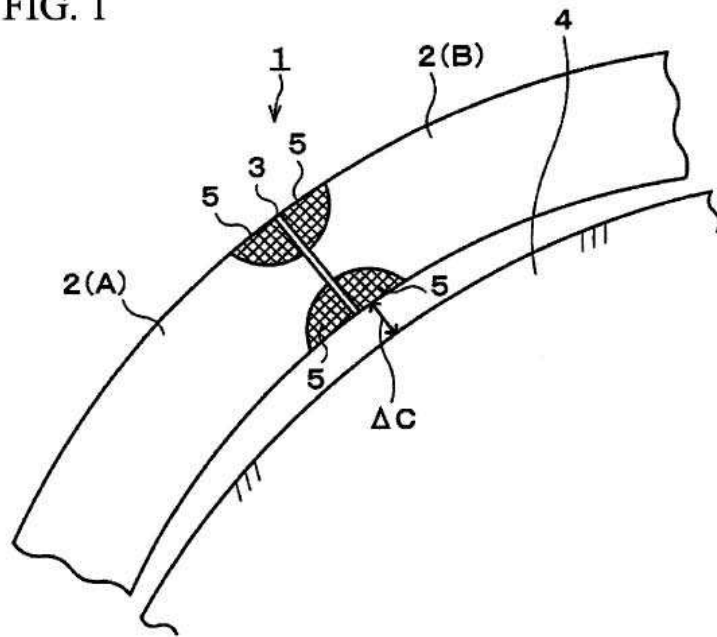


FIG. 2

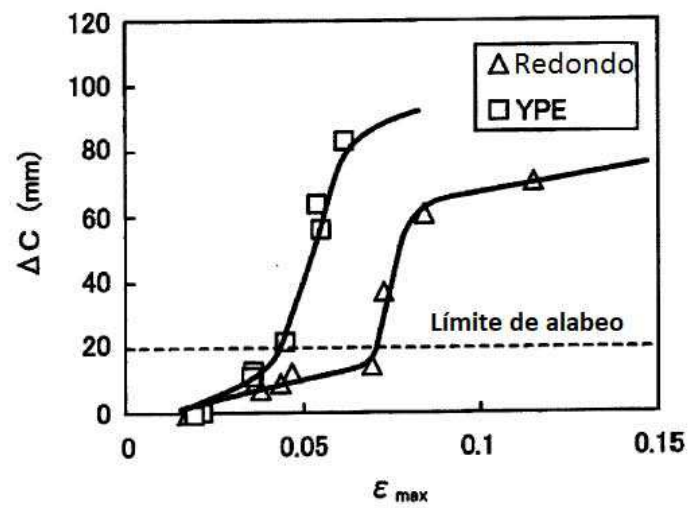


FIG. 3

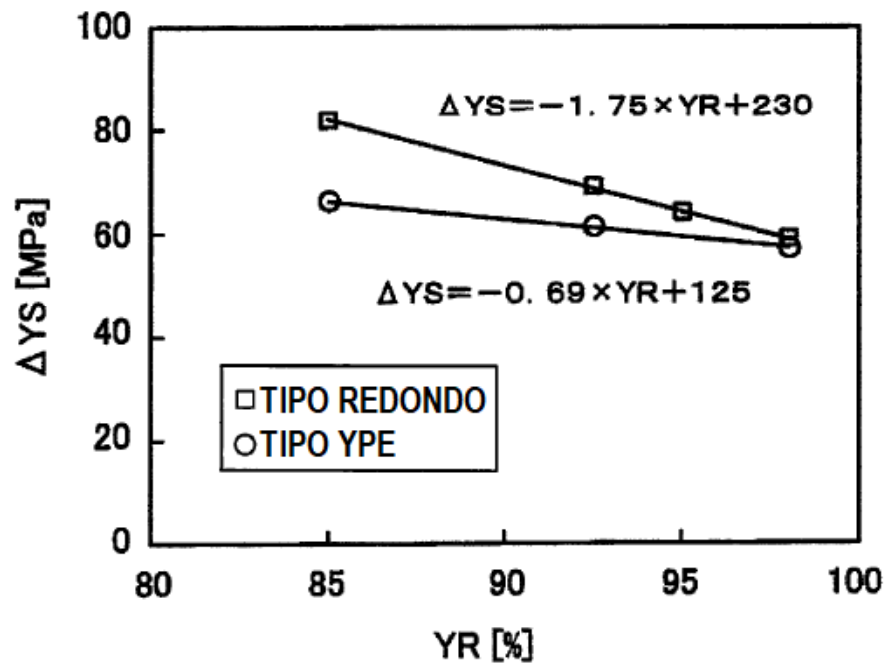


FIG. 4

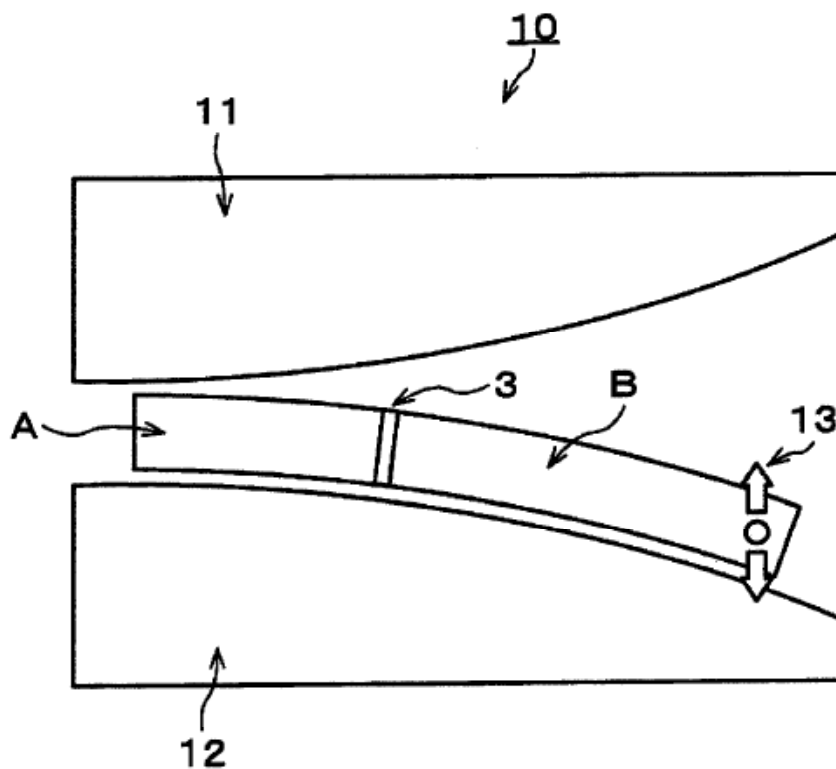


FIG. 5A

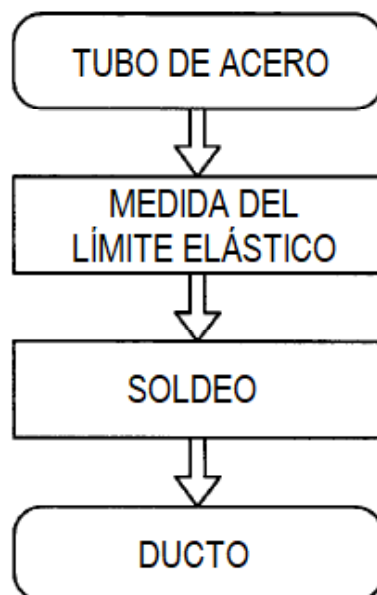


FIG. 5B

