

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 985**

51 Int. Cl.:

**B21C 1/26** (2006.01)

**B21K 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.02.2013 PCT/JP2013/000596**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2013 WO13171935**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2013 E 13791398 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 2786814**

54 Título: **Método para fabricar tubería sin soldadura**

30 Prioridad:

**14.05.2012 JP 2012110569**

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

**11.12.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KIHARA, TAKAYUKI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 645 985 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**

Método para fabricar tubería sin soldadura

5 **CAMPO TÉCNICO**

La presente invención está relacionada con un método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura que es capaz de fabricar tuberías de acero sin soldadura de un amplio rango de tamaños con alta precisión dimensional. Específicamente, la presente invención está relacionada con un método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura que incluye preparar una cáscara hueca primaria mediante un proceso de fabricación de tubería por forja con mandril, y aplicar un proceso de fabricación de tubería mediante banco de empuje a la cáscara hueca primaria preparada.

A menos que se especifique algo diferente, las definiciones de ciertos términos tal como se utilizan en esta especificación son las siguientes:

15 “Palanquilla hueca”: una palanquilla que será sometida al Paso 1 como se describe en esta especificación (paso de fabricación de tubería por forja con mandril). Esta es una palanquilla preparada perforando en caliente un lingote y dándole una forma hueca;

20 “Cáscara hueca primaria”: una cáscara que será sometida al Paso 2 como se describe en esta especificación (paso de reducción de diámetro). Esta es una cáscara que se conforma a partir de una palanquilla hueca en el Paso 1;

“Cáscara hueca”: una cáscara que será sometida a un proceso de reducción de espesor mediante banco de empuje como se describe en esta especificación. Esta es una cáscara que fue sometida a calibración de las superficies interior y exterior en un proceso de calibración mediante banco de empuje;

25 “Gran diámetro”: un diámetro exterior de tubería de 1000 mm o mayor; y

“Precisión dimensional”: valores absolutos de desviaciones de tamaño en diámetro exterior y espesor de pared de una tubería terminada con respecto a los tamaños deseados.

**TÉCNICA ANTERIOR**

30 Para aplicación en tuberías de gran diámetro tales como, por ejemplo, tuberías de vapor de agua recalentado de gran diámetro para uso en una central térmica, se emplean típicamente tuberías de acero espirales. En los últimos años, se han requerido tuberías de gran diámetro para responder a la creciente demanda de mayores prestaciones tales como el incremento en el nivel de presión de vapor para tuberías de vapor de agua recalentado de gran diámetro para uso en una central térmica. Por consiguiente, existe una necesidad creciente de tuberías de acero sin soldadura de gran diámetro de alta calidad.

35 En el pasado, existieron ejemplos en los cuales se empleaba un proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril como método para conformado en caliente de tuberías de acero sin soldadura de gran diámetro.

40 Un proceso de fabricación de tubería por forja con mandril es un proceso que incluye: proporcionar una palanquilla hueca con un mandril insertado en su interior; y trabajar en caliente la palanquilla hueca mediante forja en molde abierto para reducir gradualmente el espesor de pared de la misma, como se describe en la Literatura de Patente 1, en la cual está basado el preámbulo de la reivindicación 1. El documento FR 2443884 A1 describe una fabricación de tubos metálicos sin soldadura por perforación de una preforma sólida al mismo tiempo que se alarga la preforma; sometiéndola a la preforma a un proceso de laminación circunferencial en un dispositivo el cual puede ser generalmente similar al dispositivo de perforación y el cual produce un alargamiento aproximadamente igual al del paso de perforación; y haciendo pasar la preforma a través de un laminador continuo para producir un tubo sin soldadura, siendo el alargamiento producido por el laminador aproximadamente el mismo factor que el alargamiento combinado producido en los pasos de perforación y de laminación circunferencial. De acuerdo con el documento FR 2443884 A1, el método se puede utilizar para tubos de gran diámetro con paredes relativamente delgadas.

55 Una ventaja de un proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril radica en el amplio rango de tamaños de tubería que se puede conseguir realizando forja y recalentamiento repetitivos. Es decir, es posible fabricar tuberías de acero sin soldadura de gran diámetro.

60 Por otro lado, una desventaja de un proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril es la baja precisión dimensional que se obtiene como resultado del conformado por forja. Debido a esto, en el proceso de mecanizado de acabado después del proceso de fabricación de tuberías en caliente, la cantidad de arranque de material por mecanizado en la superficie de la tubería de acero es grande, y por lo tanto la productividad es baja.

**LISTA DE REFERENCIAS**

**LITERATURA DE PATENTE**

LITERATURA DE PATENTE 1: Publicación de Patente Japonesa Nº H07-22802

LITERATURA DE PATENTE 2: Publicación de Solicitud de Patente Japonesa Nº S56-128611

RESUMEN DE LA INVENCION

PROBLEMA TÉCNICO

5 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura que sea capaz de conseguir alta precisión dimensional, concretamente alta precisión del espesor de pared, así como un amplio rango de tamaños fabricables (tuberías de gran diámetro o de pared gruesa).

SOLUCIÓN AL PROBLEMA

10 El presente inventor dirigió su atención a procesos de fabricación de tuberías mediante banco de empuje, los cuales son capaces de fabricar tuberías de acero sin soldadura con alta precisión de espesor de pared. Como se describe en la Literatura de Patente 2, un proceso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje es un proceso que incluye: proporcionar una pieza de trabajo de acero hueca con un mandril insertado en su interior, teniendo la pieza de trabajo de acero hueca un extremo cerrado; y estirar por empuje la pieza de trabajo a través de un conjunto de hilera para reducir el espesor de pared de la misma. Una ventaja de los procesos de fabricación de tuberías mediante banco de empuje es la alta precisión dimensional que se consigue mediante el uso de herramientas de calibración interiores y exteriores tales como un mandril y un conjunto de hilera. Debido a esto, en el proceso de mecanizado de acabado, la cantidad de arranque de material por mecanizado en la superficie de la tubería es pequeña, y por lo tanto la productividad es alta.

20 El aprovechamiento del proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril y del proceso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje puede permitir la fabricación de tuberías de acero sin soldadura de un amplio rango de tamaños con alta precisión dimensional. Sin embargo, en procesos de fabricación de tuberías mediante banco de empuje, es necesario utilizar piezas de trabajo de acero huecas que tengan un extremo cerrado. Es decir, tuberías de acero sin soldadura preparadas mediante un proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril no se pueden utilizar en un proceso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje, en el estado en que quedan preparadas, como piezas de trabajo a procesar. Esto se debe a que, dado que no tienen un extremo cerrado, no pueden ser empujadas por un mandril para hacerlas pasar a través de un conjunto de hilera.

30 En vista de lo anterior, el presente inventor analizó métodos que permitirán que tuberías de acero sin soldadura preparadas mediante un proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril sean sometidas a un proceso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje. Después de una enorme cantidad de prueba y error, el presente inventor ha encontrado que los dos métodos de fabricación de tuberías se pueden utilizar en combinación: sometiendo a una tubería de acero sin soldadura preparada mediante un proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril a reducción de diámetro en una parte final de la misma de manera que los diámetros exterior e interior de la parte final se reducen y la parte final con diámetro reducido puede servir como sustituto para un extremo cerrado.

40 La presente invención se ha conseguido basándose en los resultados del análisis y se resume como un método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura de acuerdo con la reivindicación 1.

EFFECTOS VENTAJOSOS DE LA INVENCION

45 El método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura de la presente invención es ventajoso en que: es capaz de fabricar tuberías de acero sin soldadura de un amplio rango de tamaños (tuberías de gran diámetro o de pared gruesa) con alta precisión dimensional, concretamente con alta precisión de espesor de pared debido al proceso de fabricación de tuberías de acero mediante banco de empuje que se aplica después de la aplicación del proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

50 La Figura 1 es una vista en sección longitudinal de una cáscara hueca primaria después de ser sometida a reducción de diámetro en una parte final de la misma.

La Figura 2 es una vista lateral de una parte final frontal de un mandril a ser utilizado en el paso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje.

55 La Figura 3 es un diagrama que muestra una configuración que incluye una cáscara hueca primaria, un mandril, y un conjunto de hilera en el paso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje.

La Figura 4 es un diagrama que ilustra una comparación de los tamaños fabricables de tuberías de acero sin soldadura entre un proceso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje convencional y el método de fabricación de la presente invención.

DESCRIPCION DE REALIZACIONES

60 El método de fabricación incluye: Paso 1 (paso de fabricación de tuberías por forja con mandril); Paso 2 (paso de reducción de diámetro); y Paso 3 (paso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje). Cada uno de los pasos se describe a continuación.

65 [Paso 1 (paso de fabricación de tuberías por forja con mandril)]

En el Paso 1, se conforman cáscaras huecas primarias mediante el siguiente procedimiento:

- 5 (1) Presionar una herramienta que tiene un extremo afilado contra una superficie superior de un lingote situado con la dirección longitudinal del mismo orientada verticalmente mientras se está haciendo girar la herramienta, y perforar el lingote convirtiéndolo en una palanquilla hueca mediante trabajo en caliente;
- (2) Colocar la palanquilla hueca con la dirección longitudinal de la misma orientada horizontalmente y presionar un mandril contra la superficie interior de la palanquilla hueca para reducir el espesor de pared de la misma mediante trabajo en caliente al mismo tiempo que se está haciendo girar la palanquilla hueca.
- 10 (3) Repetir el paso (2) anterior una o varias veces para conformar una cáscara hueca primaria que tenga un diámetro exterior y un espesor de pared predeterminados.

En el paso de fabricación de tuberías por forja con mandril, la forja en caliente de la palanquilla hueca se realiza preferiblemente dentro de un rango de temperaturas de 900° C a 1250° C.

15 [Paso 2 (paso de reducción de diámetro)]  
La Figura 1 es una vista en sección longitudinal de una cáscara hueca primaria después de ser sometida a reducción de diámetro. En el Paso 2, la reducción de diámetro se realiza en una parte final de la cáscara 1 hueca primaria conformada en el Paso 1, mientras se está haciendo girar dicha cáscara 1 hueca primaria, para reducir los diámetros interior y exterior de la misma.

20 La parte reducida en diámetro está compuesta por una parte 1a final frontal situada en el borde frontal de la cáscara 1 hueca primaria y por una parte 1b de diámetro decreciente. La parte 1b de diámetro decreciente está situada entre la parte 1a final frontal y la parte del cuerpo en la cual no se realiza reducción de diámetro. La parte 1a final frontal tiene un diámetro exterior y un espesor de pared constantes. La parte 1b de diámetro decreciente tiene diámetros interior y exterior que se reducen hacia el borde frontal.

25 Si la parte sometida al paso de reducción de diámetro se deforma en el Paso 3, el paso de reducción de diámetro se puede realizar de nuevo según sea necesario. Como método para reducción de diámetro, se puede emplear no sólo estampación sino también un método consistente en golpear una parte final de la cáscara 1 hueca primaria con un martillo así como un método de forja rotatoria con una recaladora o similar.

30 [Forma de la Parte Sometida a Reducción de Diámetro]  
La Figura 2 es una vista lateral de una parte de borde frontal de un mandril para ser utilizado en el paso de fabricación de tubería mediante banco de empuje. El mandril 2 incluye: una parte 2a de cuerpo que tiene una forma cilíndrica y una parte 2b de diámetro decreciente que tiene una forma de cono truncado situada en el borde frontal de la parte 2a de cuerpo. La parte 2b de diámetro decreciente tiene un diámetro que se reduce hacia el borde frontal del mandril 2. Típicamente, la parte 2b de diámetro decreciente está conformada con una forma cónica.

40 La parte reducida en diámetro de la cáscara 1 hueca primaria procesada en el Paso 2 cumple la siguiente fórmula (1) donde B (mm) representa un diámetro interior en el borde de la parte reducida en diámetro de la cáscara hueca primaria y D (mm) representa un diámetro en el borde frontal del mandril que se utiliza en el paso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje. El objetivo de esto es reducir la posibilidad de que el mandril 2 atraviese la parte 1a final frontal y la parte 1b de diámetro decreciente de la cáscara 1 hueca primaria durante el proceso de estirado por empuje en el Paso 3 (paso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje). Los casos que cumplen la fórmula (1) incluyen un caso en el cual la parte reducida en diámetro forma un extremo cerrado.

$$B < D/4 \dots (1).$$

50 [Paso 3 (paso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje)]  
La Figura 3 es un diagrama que muestra una configuración de una cáscara hueca primaria, un mandril, y un conjunto de hilera en el paso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje. El conjunto 3 de hilera se puede proporcionar como un juego de una pluralidad de hileras o como una única hilera. En el conjunto 3 de hilera, se emplea típicamente una hilera cónica con un semi-ángulo  $\alpha$  de la hilera de 10 a 20° y con una anchura W de la hilera de 150 a 200 mm.

55 En el Paso 3, a la cáscara 1 hueca primaria que tiene la parte reducida en diámetro en una parte final de la misma se le proporciona un mandril 2 insertado en su interior y se le somete a estirado por empuje utilizando un banco de empuje. El paso 3 se divide preferiblemente en dos pasos, un paso de calibración y un paso de reducción del espesor de pared (también denominados en lo que sigue, respectivamente, "paso de calibración mediante banco de empuje" y "paso de reducción del espesor de pared mediante banco de empuje").

60 [Paso de Calibración]  
En el paso de calibración, a la cáscara 1 hueca primaria que tiene la parte reducida en diámetro en una parte final de la misma se le proporciona un mandril 2 insertado en su interior y dicha cáscara 1 hueca primaria es empujada a través del conjunto 3 de hilera mediante trabajo en caliente para calibrar las superficies interior y exterior. La cáscara

1 hueca primaria se somete a estirado por empuje a través de una hilera como se ha descrito anteriormente con reducción suave para calibrar las superficies interior y exterior, proporcionando de ese modo una cáscara 1 hueca que será procesada en el paso de reducción del espesor de pared.

5 El paso de calibración está concebido para reducir variaciones longitudinales en el diámetro exterior y en el espesor de pared de la cáscara 1 hueca primaria utilizando el conjunto 3 de hilera. Si, por ejemplo, existen grandes irregularidades en la superficie exterior de la cáscara 1 hueca primaria, las irregularidades pueden interferir con la hilera cónica cuando la cáscara 1 hueca primaria es empujada a través de la hilera cónica, haciendo de ese modo difícil o imposible la operación de estirado por empuje.

10 La tasa de reducción en el paso de calibración es preferiblemente de aproximadamente 3 a 7%.  
En el paso de calibración, la parte de la cáscara 1 hueca primaria que será sometida a estirado por empuje (la parte que no fue sometida a reducción de diámetro) se calienta preferiblemente hasta una temperatura de va desde 900° C hasta 1250° C. El objetivo de esto es reducir la resistencia a la deformación y facilitar el procesamiento.

20 Dado que la porción reducida en diámetro es una parte contra la cual es presionado el mandril 2, preferiblemente se refrigera por inyección de agua para minimizar la deformación que puede aparecer durante el proceso de estirado por empuje. Para asegurarse de que el estirado por empuje de la cáscara 1 hueca primaria mediante el mandril 2 se realiza sin fallo, se prefiere que la parte reducida en diámetro se mantenga a una temperatura de 500° C o menos. Su temperatura límite inferior es preferiblemente 400° C. Esto es debido a que, cuando se enfrían hasta una temperatura baja, ciertos tipos de acero tales como, por ejemplo, un acero con 9% de Cr, pueden sufrir fisuración por tensiones de origen térmico durante la transformación martensítica.

25 [Paso de Reducción del Espesor de Pared]  
La cáscara 1 hueca, obtenida mediante el proceso de estirado por empuje con reducción suave en el paso de calibración, es procesada en el paso de reducción del espesor de pared. El paso de reducción del espesor de pared también utiliza un mandril 2 y un conjunto 3 de hilera que tienen la misma configuración que se muestra en la Figura 2. Al seleccionar el conjunto 3 de hilera a utilizar, es necesario que éste tenga la capacidad de impartir una  
30 reducción predeterminada a la cáscara 1 hueca.

El paso de reducción del espesor de pared incluye las siguientes operaciones:

35 (1) La cáscara hueca que ha sido sometida a calibración de superficies interior y exterior en el paso de calibración es empujada a través del conjunto 3 de hilera que tiene un diámetro interior menor mediante trabajo en caliente, por lo cual se le proporciona una reducción predeterminada al mismo tiempo que se reduce el espesor de pared de la misma.

40 (2) Repitiendo el paso (1) anterior una o varias veces, es posible fabricar tuberías de acero sin soldadura con alta precisión de espesor de pared. Específicamente, es posible limitar la desviación con respecto al espesor de pared deseado a 10 mm o menos con independencia del espesor de la pared que ha sido sometida al proceso de estirado por empuje.

45 También en el paso de reducción del espesor de la pared, la parte de cuerpo que será sometida a estirado por empuje se calienta preferiblemente hasta una temperatura de 900° C a 1250° C para reducir la resistencia a la deformación y facilitar el procesamiento. Por otro lado, la temperatura de la parte reducida en diámetro se controla preferiblemente a 500° C o menos realizando inyección de agua o similar para garantizar que el estirado por empuje de la cáscara 1 hueca mediante el mandril 2 se realiza sin fallo. Su temperatura límite inferior es preferiblemente 400° C.

50 Después de los Pasos 1 a 3 descritos anteriormente, se puede incorporar un proceso de acabado. El paso de acabado puede incluir las siguientes operaciones:

55 (1) Cortar la parte reducida en diámetro de la tubería de acero sin soldadura fabricada en el Paso 3;  
(2) Tratar térmicamente la tubería de acero sin soldadura según sea necesario después de que se haya cortado la parte reducida en diámetro; y  
(3) Someter a la tubería de acero sin soldadura resultante a un proceso de acabado por mecanizado o por pulido de las superficies interior y exterior de la tubería de acero para acabarla a propiedades y tamaño de la superficie predeterminados.

60 [Tipo de Acero Apropiado]  
Ejemplos de tipos de acero apropiados para el método de fabricación descrito anteriormente incluyen los siguientes tres tipos de acero:

65 (1) Acero al carbono con una composición química, en % en masa, de C: 0,3% o menor, Si: 1% o menor, Mn: 0,1 a 2%, y N: 0,02% o menor, siendo el resto Fe e impurezas;

(2) Acero de baja aleación con una composición química, en % en masa, de C: 0,15% o menor, Si: 1% o menor, Mn: 0,1 a 2%, Cr: 0,5 a 3,0%, Ni: 0,5% o menor, Mo: 0,1 a 3,0%, W: 0 a 2%, Cu: 0,1% o menor, y N: 0,002 a 0,030%, siendo el resto Fe e impurezas; y

5 (3) Acero ferrítico de alta resistencia al calor con alto contenido en Cr con una composición química, en % en masa, de C: 0,15% o menor, Si: 1% o menor, Mn: 0,1 a 2%, Cr: 8,0 a 12,5%, Ni: 1,0% o menor, Mo: 0,1 a 3,0%, W: 0 a 4%, Cu: 0 a 1,5%, y N: 0,01 a 0,10%, siendo el resto Fe e impurezas.

#### EJEMPLOS

10 A continuación se describen ejemplos que ilustran cómo es posible fabricar tuberías de acero sin soldadura con alta precisión de espesor de pared y extender el tamaño fabricable de tuberías de acero sin soldadura.

(Ejemplo 1)

El Ejemplo 1 ilustra un caso en el cual se consiguió la extensión del tamaño fabricable del diámetro exterior.

#### 15 1. Programa de Fabricación de Tuberías en Cada Paso

(Paso de Fabricación de Tuberías por Forja con Mandril)

20 A una palanquilla hueca (peso: 13850 kg) producida a partir de acero ferrítico de alta resistencia al calor con alto contenido en Cr como se ha descrito anteriormente se le proporcionó un mandril insertado en su interior, y se conformó dicha palanquilla hueca para convertirla en una cáscara hueca primaria de 1250 mm de diámetro exterior, 1090 mm de diámetro interior, 80 mm de espesor de pared, y 6000 mm de longitud mediante el proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril.

(Paso de Reducción de Diámetro)

25 La cáscara hueca primaria resultante fue sometida a reducción de diámetro en una parte final de la misma donde los diámetros interior y exterior fueron reducidos. El diámetro B interior resultante en el borde de la parte reducida en diámetro de la cáscara hueca primaria fue 200 mm.

(Paso de Calibración mediante banco de empuje)

30 A la cáscara hueca primaria que tiene la parte reducida en diámetro en una parte final de la misma se le proporcionó un mandril con un diámetro exterior de 1060 mm insertado en su interior. Entonces dicha cáscara hueca primaria se sometió a reducción suave en un banco de empuje utilizando una hilera con un diámetro interior de 1240 mm, y se conformó para convertirla en una cáscara hueca con las superficies interior y exterior de la misma calibradas. El diámetro D en el borde frontal del mandril fue de 950 mm y por lo tanto la fórmula (1) previamente indicada se cumplió.

(Paso de Reducción del Espesor de Pared mediante banco de empuje)

40 La cáscara hueca resultante fue sometida a estirado por empuje en el banco de empuje utilizando un mandril con un diámetro exterior de 1060 mm e hileras con diámetros interiores de 1210 mm y 1190 mm, y se conformó para convertirla en una tubería de acero sin soldadura.

(Paso de Acabado)

45 El tamaño de la tubería de acero sin soldadura fabricada fue de 1190 mm de diámetro exterior, 1060 mm de diámetro interior, 65 mm de espesor de pared, y 7600 mm de longitud. Una longitud de 300 mm de la tubería de acero sin soldadura se cortó en la parte final reducida en diámetro, lo cual fue seguido por tratamiento térmico y posterior mecanizado de las superficies interior y exterior.

#### 50 2. Comparación de Precisión de Espesor de Pared

La tubería de acero sin soldadura del Ejemplo 1 tenía un tamaño de 1190 mm de diámetro exterior, 1060 mm de diámetro interior, y 65 mm de espesor de pared y por lo tanto era una tubería de gran diámetro. Sin embargo, alcanzó una precisión de espesor de pared de menos de 10 mm. Posteriormente, fue sometida a mecanizado de las superficies interior y exterior, y acabada a un tamaño de 1170 mm de diámetro exterior, 1080 mm de diámetro interior, y 45 mm de espesor de pared.

55 Es decir, en el Ejemplo 1, la cantidad de mecanizado necesaria para el proceso de acabado fue no mayor de 10 mm para ambas superficies interior y exterior.

60 Para comparación con el Ejemplo 1, una cáscara hueca primaria, fabricada a partir del proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril, que tenía un diámetro exterior de 1250 mm, un diámetro interior de 1090 mm, y un espesor de pared de 80 mm, mostró una precisión de espesor de pared de más de 20 mm.

Basándose en lo anterior, en el Ejemplo 1, la cantidad de mecanizado necesaria es 10 mm como máximo para ambas superficies interior y exterior, mientras que en el Ejemplo Comparativo, se asume que la cantidad de mecanizado de acabado necesario supera 25 mm para ambas superficies interior y exterior. Por lo tanto se ve que el Ejemplo 1 produce un efecto ventajoso.

(Ejemplo 2)

El Ejemplo 2 ilustra un caso en el cual se consiguió la extensión del tamaño fabricable del espesor de pared.

5 1. Programa de Fabricación de Tuberías en Cada Paso

(Paso de Fabricación de Tuberías por Forja con Mandril)

10 A una palanquilla hueca (peso: 25600 kg) producida a partir de acero ferrítico de alta resistencia al calor con alto contenido en Cr como el descrito anteriormente se le proporcionó un mandril insertado en su interior, y se conformó dicha palanquilla hueca para convertirla en una cáscara hueca primaria de 1050 mm de diámetro exterior, 640 mm de diámetro interior, 205 mm de espesor de pared, y 6000 mm de longitud mediante el proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril.

(Paso de Reducción de Diámetro)

15 La cáscara hueca primaria resultante fue sometida a reducción de diámetro en una parte final de la misma en la que se redujeron los diámetros interior y exterior. El diámetro interior B resultante en el borde de la parte reducida en diámetro de la cáscara hueca primaria fue de 100 mm.

(Paso de calibración mediante banco de empuje)

20 A la cáscara hueca primaria que tenía la parte reducida en diámetro en una parte final de la misma se le proporcionó un mandril con un diámetro exterior de 610 mm insertado en ella. Entonces se sometió a reducción suave en un banco de empuje utilizando una hilera con un diámetro interior de 1040 mm, y se conformó para convertirla en una cáscara hueca con las superficies interior y exterior de la misma calibradas. El diámetro D en el borde frontal del mandril era de 500 mm y por lo tanto la fórmula (1) indicada previamente se cumplió.

(Paso de Reducción del Espesor de Pared mediante banco de empuje)

25 La cáscara hueca resultante fue sometida a estirado por empuje en el banco de empuje utilizando un mandril con un diámetro exterior de 610 mm e hileras con diámetros interiores de 1010 mm y 990 mm, y se conformó para convertirla en una tubería de acero sin soldadura.

(Paso de Acabado)

30 El tamaño de la tubería de acero sin soldadura fabricada fue de 990 mm de diámetro exterior, 610 mm de diámetro interior, 190 mm de espesor de pared, y 6800 mm de longitud. Una longitud de 300 mm de la tubería de acero sin soldadura se cortó en la parte final reducida en diámetro, lo cual fue seguido por tratamiento térmico y posterior mecanizado de las superficies interior y exterior.

2. Comparación de Precisión de Espesor de Pared

40 La tubería de acero sin soldadura fabricada en el Ejemplo 2 tenía un tamaño de 990 mm de diámetro exterior, 610 mm de diámetro interior, y 190 mm de espesor de pared y por lo tanto era una tubería de pared gruesa. Sin embargo, alcanzó una precisión de espesor de pared de menos de 10 mm. Posteriormente, fue sometida a mecanizado de las superficies interior y exterior, y acabada a un tamaño de 970 mm de diámetro exterior, 630 mm de diámetro interior, y 170 mm de espesor de pared.

45 Es decir, también en el Ejemplo 2, la cantidad de mecanizado necesaria para el proceso de acabado fue no más de 10 mm para ambas superficies interior y exterior.

50 Para comparación con el Ejemplo 2, una cáscara hueca primaria, fabricada a partir del proceso de fabricación de tuberías por forja con mandril, que tenía un diámetro exterior de 1050 mm, un diámetro interior de 640 mm, y un espesor de pared de 205 mm, fue examinada para encontrar la precisión de espesor de pared de la misma. Como con el Ejemplo 1, se encontró que su precisión de espesor de pared era más de 20 mm.

55 Basándose en lo anterior, en el Ejemplo 2, la cantidad de mecanizado requerida es 10 mm como máximo para ambas superficies interior y exterior, mientras que en el Ejemplo Comparativo, se asume que la cantidad de mecanizado de acabado requerida supera 25 mm para ambas superficies interior y exterior. Por lo tanto se observa que el Ejemplo 2 produce un efecto ventajoso.

60 La Figura 4 es un diagrama que ilustra una comparación del tamaño fabricable de tuberías de acero sin soldadura entre un proceso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje y el Ejemplo 1 o el Ejemplo 2. El tamaño fabricable se define en esta memoria como un tamaño que cumple el requisito de la precisión de espesor de pared de 10 mm o menos.

65 Como se puede observar a partir de la Figura 4, cuando el proceso de fabricación de tuberías mediante banco de empuje se empleó en solitario (ejemplo comparativo), el tamaño máximo que se consiguió en la fabricación de la tubería de acero sin soldadura al mismo tiempo que se cumplía la precisión de espesor de pared de 10 mm o menos fue el siguiente: el diámetro exterior máximo de 850 mm o el espesor de pared máximo de 150 mm. En contraste

con esto, en el Ejemplo 1 ó 2, el tamaño fabricable de tuberías de acero sin soldadura se extendió al diámetro exterior máximo de 1200 mm o al espesor de pared máximo de 170 mm.

**APLICABILIDAD INDUSTRIAL**

- 5 Con el método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura de acuerdo con la presente invención, es posible fabricar tuberías de acero sin soldadura de un amplio rango de tamaños (tuberías de gran diámetro o de pared gruesa) con alta precisión dimensional, concretamente con alta precisión de espesor de pared.

**LISTA DE SIGNOS DE REFERENCIA**

- 10 1: cáscara hueca primaria, cáscara hueca, 1a: parte final frontal, 1b: parte de diámetro decreciente, 2: mandril, 2a: parte de cuerpo, 2b: parte de diámetro decreciente, 3: conjunto de hilera

## REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura, en el cual el método comprende:

- 5 un primer paso de proporcionar una palanquilla hueca con un mandril insertado en su interior y de forjar la palanquilla hueca para convertirla en una cáscara (1) hueca primaria de un diámetro y un espesor predeterminados y que no tiene un extremo cerrado; estando el método **caracterizado por que** comprende además un segundo paso de someter a la cáscara hueca primaria a reducción de diámetro en una parte (1a) final de la misma para reducir los diámetros exterior e interior de la parte final; y
- 10 un tercer paso de proporcionar a la cáscara hueca primaria un mandril (2) insertado en su interior, teniendo la cáscara hueca primaria la parte reducida en diámetro en la una parte final de la misma, y someter a la cáscara hueca primaria a estirado por empuje utilizando un banco de empuje, en el cual el mandril (2) que se utiliza en el tercer paso incluye una parte (2a) de cuerpo que tiene una forma cilíndrica y una parte (2b) de diámetro decreciente que tiene una forma de cono truncado situada en un borde frontal de la parte (2a) de cuerpo, teniendo la parte (2b) de diámetro decreciente un diámetro que se reduce hacia el
- 15 borde frontal del mandril (2); y, en el segundo paso, la reducción de diámetro se realiza de tal manera que la parte reducida en diámetro de la cáscara (1) hueca primaria procesada en el segundo paso cumple la siguiente fórmula (1):

$$20 \quad B < D/4 \dots (1),$$

donde B representa un diámetro interior (mm) en el borde de la parte reducida en diámetro de la cáscara (1) hueca primaria y D representa un diámetro (mm) en el borde frontal del mandril (2) que se utiliza en el tercer paso.

- 25 2. El método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual: mediante el estirado por empuje de la cáscara hueca en el tercer paso, se fabrica una tubería de acero sin soldadura que tiene un diámetro exterior de 1000 mm o mayor.
- 30 3. El método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual en el primer paso, la forja de la palanquilla hueca se realiza por forja en caliente dentro de un rango de temperaturas de 900° C a 1.250° C.
- 35 4. El método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el tercer paso se realiza por medio de una hilera cónica con un semi-ángulo  $\alpha$  de 10 a 20° y una anchura W de la molde de 150 a 200 mm.
- 40 5. El método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el tercer paso comprende un paso de calibración, en el cual la cáscara (1) hueca primaria es empujada a través a un conjunto (3) de hilera por trabajado en caliente para calibrar las superficies interior y exterior.
- 45 6. El método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual una tasa de reducción en el paso de calibración es de aproximadamente 3 a 7%.
- 50 7. El método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 6, en el cual el tercer paso comprende un paso de reducción del espesor de pared, en el cual la cáscara hueca que ha sido sometida a calibración de superficies interior y exterior en el paso de calibración es empujada a través de un conjunto de hilera que tiene un diámetro interior más pequeño por trabajado en caliente.
- 55 8. El método de fabricación de una tubería de acero sin soldadura de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual en el tercer paso, la parte (2a) de cuerpo que será sometida a estirado por empuje se calienta hasta una temperatura de 900° C a 1250° C, y en el cual la temperatura de la parte (2b) de diámetro decreciente se controla a una temperatura de 500° C o menos.

FIG. 1

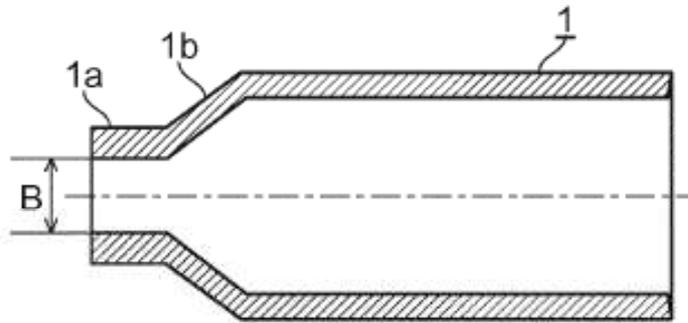


FIG. 2

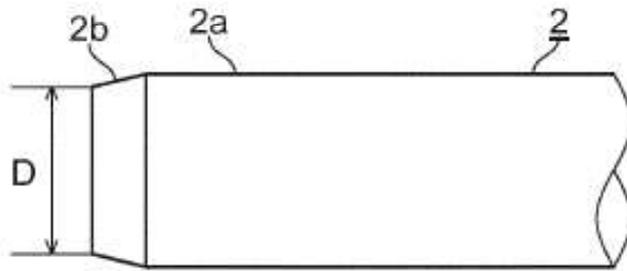
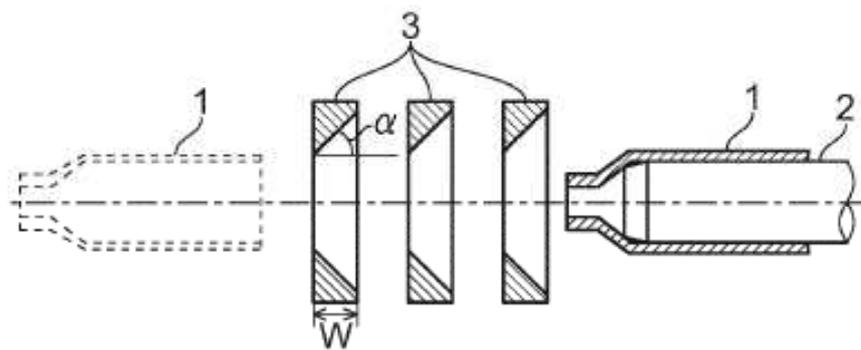


FIG. 3



**FIG. 4**

