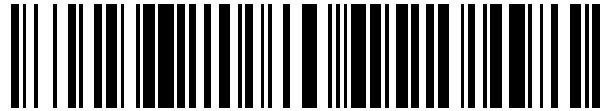


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 620**

51 Int. Cl.:

**B21B 21/00** (2006.01)

**B21B 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2009 E 09834667 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.01.2015 EP 2390016**

54 Título: **Procedimiento de producción de tuberías metálicas sin costuras mediante laminado en frío**

30 Prioridad:

**24.12.2008 JP 2008327763**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.04.2015**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HAYASHI CHIHIRO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 533 620 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

Procedimiento de producción de tuberías metálicas sin costuras mediante laminado en frío

**Campo técnico**

- 5 La presente invención versa acerca de un procedimiento de laminado en frío para un tubo metálico sin costuras, en particular acerca de un procedimiento para producir un tubo metálico sin costuras de gran calidad mediante laminado en frío con el fin de garantizar la calidad de la superficie interior de tubos especializados de alto grado desde el punto de vista de la eliminación de imperfecciones de arrugas en la superficie interior, véase, por ejemplo, el documento JP-A 04127902.

**Técnica antecedente**

- 10 Cuando un tubo metálico sin costuras no satisface requerimientos específicos en calidad, resistencia o precisión dimensional en una condición de acabado en caliente, es sometido a un procedimiento de trabajo en frío. Conocidos habitualmente como procedimientos de trabajo en frío hay un procedimiento de estirado en frío con un troquel y un mandril o una barra de mandril, y un procedimiento de laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino.
- 15 Dado que la tasa de reducción disponible para el material del tubo es sumamente elevada en un laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino, el laminado en frío tiene las siguientes ventajas: es posible mediante laminado un alargamiento de aproximadamente diez veces; se puede exhibir un efecto excelente sobre la corrección del grosor de la pared excéntrica del tubo; no se requiere un procedimiento de reducción del diámetro; y no se genera una pérdida de producción.
- 20 Por otra parte, el laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino tiene una desventaja de productividad sumamente reducida en comparación con el procedimiento de estirado en frío. Por lo tanto, el laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino es principalmente adecuado para un trabajo en frío de tubos especializados de alta calidad, tal como un tubo de acero inoxidable y un tubo de acero hiperealeado que requiere materias primas caras y tratamientos intermedios costosos.
- 25 La Fig. 1 es una vista para ilustrar un mecanismo del laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino. En un procedimiento de laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino, se procesa una envuelta hueca 1 entre un par de rodillos 2 y una barra ahusada 4 de mandril para llevar a cabo un laminado de reducción del diámetro para la envuelta hueca 1, de forma que se obtenga un tubo laminado 5. Cada rodillo 2 tiene un calibre circunferencial 3 del surco ahusado a lo largo que tiene un diámetro que se reduce progresivamente en la longitud circunferencial. La barra ahusada 4 de mandril tiene un diámetro que se reduce progresivamente en una dirección longitudinal.
- 30 Es decir, el calibre 3 del surco está formado a lo largo de una circunferencia de cada uno de rodillos emparejados 2 del laminador en frío de paso de peregrino, y el calibre del surco se vuelve menor/más estrecho con el avance de la rotación de los rodillos 2. Los rodillos 2 repiten carreras de avance y de retroceso a lo largo de la barra ahusada de mandril mientras que son girados por medio de ejes accionados 2s de rodillo, de forma que se lamina la envuelta hueca 1 entre los rodillos 2 y la barra 4 de mandril para llevar a cabo un laminado de reducción del diámetro de la envuelta hueca 1 (véase, por ejemplo, la bibliografía 1 no de patente).
- 35 La Fig. 2 es una vista aclaratoria que muestra un principio operativo de un laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino. La Fig. 2(a) muestra un estado operativo en un punto de inicio de una carrera de avance, y la Fig. 2(b) muestra un estado operativo en un punto de inicio de una carrera de retroceso. Como se muestra en la Fig. 2, en el laminador en frío de paso de peregrino, según un diámetro exterior y un grosor de pared (do y to en la figura) de una envuelta hueca 1 y un diámetro exterior y un grosor de pared (t y d en la figura) de un producto, se adopta de forma selectiva un par de rodillos 2, teniendo cada uno un calibre 3 de surco ahusado que tiene un diámetro que se reduce progresivamente desde un lado de entrada de acoplamiento de los rodillos hacia un lado de salida de acabado del mismo, y una barra ahusada 4 de mandril que tiene un diámetro que también reduce progresivamente desde un lado de entrada de acoplamiento hacia un lado de salida de acabado, y se repiten carreras de avance y de retroceso para reducir un grosor de pared de la envuelta hueca 1 mientras que se reduce un diámetro del mismo.
- 45 Se gira la envuelta hueca 1 aproximadamente 60° y se le da un avance de aproximadamente 5 hasta 15 mm en un punto de inicio de la carrera de avance en movimiento de vaivén del laminador en frío de paso de peregrino, de forma que se lamina una nueva porción de la envuelta hueca, que se repite.
- 50

Existen dos tipos de laminadores en frío de paso de peregrino: un laminador desarrollado por "MANNESMANN-DEMAG", el laminador para reducir el grosor de pared tanto en carreras de avance como de retroceso; y un laminador desarrollado por BLAWKNOX, el laminador para reducir el grosor de pared únicamente en una carrera de avance. Aquel es utilizado habitualmente para laminar tubos de acero inoxidable, tubos metálicos hiperealeados, o

tubos de circonio, mientras que este es utilizado para laminar un tubo de aluminio, un tubo de aleación de aluminio, un tubo de cobre un tubo de aleación de cobre.

5 El documento JP 4127902A versa acerca de un procedimiento de fabricación de un tubo de pared delgada de diámetro pequeño de aleación de plata, incluyendo las etapas de laminación de tubos sin soldadura, de laminación en caliente de reducción del diámetro y de trabajo en frío a partir de un lingote. En el mismo, se fija una tasa  $R_d$  de reducción del diámetro exterior para que no sea más de la mitad de la tasa  $R_t$  de reducción del grosor de la pared.

### **Lista de referencias**

#### **Bibliografía 1 no de patente**

10 The Iron and Steel Institute of Japan, "3rd Edition Iron and Steel Handbook, Vol III (2), Steel Bars/Steel Pipe/Facilities Commonly Used for Rolling", 20 de noviembre de 1980, páginas 1183-1189.

### **Sumario de la invención**

#### **Problema técnico**

15 Dado que hay una gran demanda de una característica de alta calidad para un tubo especializado de alta calidad sometido a un laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino, es necesario eliminar la generación de defectos en la superficie interior resultantes de imperfecciones de arrugas en la superficie interior en un tubo como producto después del laminado en frío. Sin embargo, hasta ahora no ha habido una propuesta de procedimiento para producir un tubo sin costuras de alta calidad de acero en el que se inhíba que se produzcan defectos en la superficie interior en el laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino.

20 La presente invención se realiza en vista del anterior problema, y un objeto de la presente invención es proponer un procedimiento para producir un tubo sin costuras de alta calidad de acero mediante el laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino.

25 Aunque para la explicación de la presente invención se describirá un laminador en frío de paso de peregrino que lleva a cabo una laminación de carreras tanto de avance como de retroceso de una solicitud presentada (MANNESMANN-DEMAG), los objetos de la presente invención no están limitados a este tipo sino que pueden ser aplicados a un laminador en frío de paso de peregrino que reduce el grosor de pared únicamente en una carrera de avance (BLAWKNOX).

#### **Solución del problema**

30 Para solucionar el anterior problema, se ha hallado lo siguiente a partir de diversos análisis. Es decir, en el laminado en frío de un tubo metálico sin costuras con un laminador en frío de paso de peregrino, cuando la tasa de reducción de un diámetro exterior se vuelve excesiva en comparación con una tasa de reducción de un grosor de pared, el esfuerzo de compresión circunferencial impuesto sobre una envuelta hueca se vuelve excesivo y, por lo tanto, se generan fácilmente imperfecciones de arrugas en la superficie interior del tubo.

35 Además, cuando se produce una envuelta hueca por medio del procedimiento de laminación con mandril Mannesmann en vez del procedimiento de extrusión Ugine-Sejournet, se pueden generar imperfecciones interiores de arrugas con un laminador para reducir el diámetro exterior de tubos (un reductor por estiramiento o un laminador calibrador) en una etapa de envuelta hueca. Las imperfecciones interiores de arrugas generadas en la etapa de envuelta hueca influyen significativamente sobre la calidad de un tubo especializado de alta calidad sometido al laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino.

40 La presente invención se completa en función del anterior conocimiento, y un punto esencial de la misma es un procedimiento según la reivindicación 1.

#### **Efectos ventajosos de la invención**

45 Según el procedimiento de la presente invención para producir un tubo metálico sin costuras mediante laminado en frío, es posible eliminar la generación de defectos en la superficie interior resultantes de imperfecciones de arrugas en la superficie interior al mejorar un equilibrio operativo entre una tasa  $R_d$  de reducción del diámetro exterior y una tasa  $R_t$  de reducción del grosor de pared en el momento de la laminación por estiramiento que acompaña a la reducción del diámetro mientras que se reduce el grosor de pared. Por lo tanto, es posible garantizar una calidad elevada del producto después de un laminado en frío.

50 Además, cuando se produce una envuelta hueca mediante el procedimiento de laminación con mandril Mannesmann, es posible mejorar adicionalmente la calidad del producto después de un laminado en frío al limitar una tasa de reducción del diámetro exterior en un laminador para reducir el diámetro exterior de tubos (un reductor por estiramiento o un laminador calibrador).

**Breve descripción de los dibujos**

[Fig. 1] Una vista para ilustrar un mecanismo del laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino.

[Fig. 2] Una vista aclaratoria que muestra un principio operativo del laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino, la Fig. 2(a) muestra un estado operativo en un punto de inicio de una carrera de avance, y la Fig. 2(b) muestra un estado operativo en un punto de inicio de una carrera de retroceso.

[Fig. 3] Una vista que muestra un modelo dividido de un corte transversal de un tubo laminado con un laminador en frío de paso de peregrino.

[Fig. 4] Una vista que muestra comportamientos de deformación de un corte transversal de un tubo laminado con un laminador en frío de paso de peregrino.

[Fig. 5] Una vista para ilustrar un ejemplo de etapas de producción en el procedimiento de laminación con mandril Mannesmann para producir en caliente un tubo sin costuras de acero.

**Descripción de realizaciones**

La Fig. 3 es una vista que muestra un modelo de segmentación de un corte transversal de un tubo que se está procesando laminado durante una laminación con un laminador en frío de paso de peregrino. El corte transversal del tubo puede estar segmentado en regiones inferiores 11, 14 del surco y en regiones salientes 12, 13 en función de si la superficie interna del tubo 1 se encuentra en contacto o no con una barra 4 de mandril. Las regiones inferiores 11, 14 del surco son alargadas al ser sometidas a un trabajo de reducción del grosor de pared por medio de los rodillos y de la barra 4 de mandril, y las regiones salientes 12, 13 son deformadas al ser traccionadas por el alargamiento de las regiones inferiores del surco. Es decir, se deforman los metales de las regiones inferiores 11, 14 del surco bajo una presión externa, una presión interna y una fuerza de compresión axial, y se deforman los metales de las regiones salientes 12, 13 bajo una fuerza externa y una fuerza axial de tensión.

La Fig. 4 es una vista que muestra comportamientos de deformación con respecto al corte transversal del tubo durante una laminación con un laminador en frío de paso de peregrino. La Fig. 4(a) muestra un comportamiento de deformación durante la laminación en una carrera de avance (laminación de avance), y la Fig. 4(b) muestra un comportamiento de deformación durante la laminación en una carrera de retroceso (laminación de retroceso). Los comportamientos de deformación mostrados en la Fig. 4 están basados en un patrón operativo en el que solo se gira el tubo 1 en la laminación de carrera de avance y no se gira en la laminación de carrera de retroceso. Es decir, cuando se mira desde el lado del tubo, se giran los rodillos con respecto al tubo que está siendo procesado para recolocarlos únicamente durante la carrera de avance, pero no se gira relativamente durante la carrera de retroceso.

Como se muestra en las Figuras 4(a) y 4(b), en un tipo de laminador en frío de paso de peregrino que lleva a cabo una laminación tanto en carreras de avance como de retroceso (MANNESMANN-DEMAG), se adopta básicamente un giro de 60°. Por lo tanto, la deformación del corte transversal del tubo no es simétrica sino asimétrica con respecto a un eje horizontal y un eje vertical de un calibre del surco. En los comportamientos de deformación mostrados en la Fig. 4, los segmentos 11 y 14 indican que las regiones inferiores del surco, y los segmentos 12 y 13 indican las regiones salientes en la laminación de carrera de avance iésima.

En los comportamientos de deformación mostrados en la Fig. 4, cuando una tasa  $R_d$  de reducción del diámetro exterior es excesivamente grande con respecto a una tasa  $R_t$  de reducción del grosor de pared, se aumenta una deformación por compresión  $\varphi\theta$  en una dirección circunferencial en las regiones salientes. Como resultado, el esfuerzo de compresión  $\sigma\theta$  en una dirección circunferencial (no mostrada) se vuelve excesivo, por lo que se generan imperfecciones de arrugas en la superficie interior y son plegadas en las regiones inferiores del surco. Se repite este procedimiento, desarrollándose en defectos en la superficie interior, lo que tiene como resultado el deterioro de la calidad de la superficie interior.

En la producción de un tubo especializado que requiere un nivel característico elevado de calidad, una relación de la tasa  $R_d$  de reducción del diámetro exterior con respecto a la tasa  $R_t$  de reducción del grosor de pared determinar la calidad del producto. Además, cuando se produce una envuelta hueca que ha de ser procesada con un laminador en frío de paso de peregrino por medio del procedimiento de laminación con mandril Mannesmann en vez del procedimiento de termoextrusión (extrusión Ugine-Sejournet), la envuelta hueca incluye imperfecciones de arrugas en la superficie interior generadas en un procedimiento de laminación de reducción en caliente. Las imperfecciones de arrugas en la superficie interior fomentan, además, el desarrollo de las mismas y afectan al procedimiento de laminado en frío.

La Fig. 5 es una vista para ilustrar un ejemplo de etapas de producción en el procedimiento de laminación con mandril Mannesmann para producir en caliente un tubo sin costuras de acero. En este procedimiento, un lingote redondo macizo 21 calentado hasta una temperatura predeterminada sirve de material de partida que ha de laminarse. Se introduce este lingote redondo 21 en un laminador 23 de perforación, y se perfora una porción central del mismo, de forma que se produzca una pieza hueca (envuelta hueca) 22. A continuación, se introduce la pieza hueca 22, que ha de ser alargada, producida directamente en un dispositivo de estiramiento sucesivo, que es un laminador 24 de mandril, de forma que se obtenga una envuelta hueca 22.

En el momento de la laminación por estiramiento con el laminador 24 de mandril, se reduce la temperatura del material de la envuelta hueca 22 con una barra 24b de mandril insertada en el interior de la envuelta hueca y rodillos 24r de laminación para restringir la superficie externa de la envuelta hueca. Por lo tanto, se coloca entonces la envuelta hueca 22 laminada en el laminador 24 de mandril en el interior de un horno 25 de recalentar para ser recalentada. Después de eso, la envuelta hueca pasa por un laminador para reducir el diámetro exterior de tubos, tal como un reductor 26 por estiramiento o un laminador calibrador (no mostrado) y se convierte en un tubo sin costuras de acero laminado en caliente. Cuando una caída de temperatura en el laminador de mandril es pequeña, no se requiere el horno de recalentar.

Sin embargo, en el reductor por estiramiento o el laminador calibrador para llevar a cabo el procedimiento de laminación para reducir el diámetro exterior de tubos en el anterior procedimiento de laminación con mandril Mannesmann, la envuelta hueca 22 pasa por rodillos 26b de laminación para ser acabada por un procedimiento de laminación de reducción para un diámetro exterior sin utilizar la herramienta de restricción de la superficie interior, tal como una barra de mandril. Por lo tanto, se generan fácilmente imperfecciones de arrugas en la superficie interna del tubo de acero acabado en caliente.

Por lo tanto, se han llevado a cabo ensayos de laminado en los que se han utilizado como muestras de ensayo, no solo envueltas huecas termoextrudidas sino también envueltas huecas sometidas a un procedimiento de laminación de reducción con un reductor por estiramiento y un laminador calibrador. Se llevan a cabo los ensayos de laminado que varían en tasa de reducción del diámetro exterior en un procedimiento de laminación de reducción y varían en tasas de reducción del diámetro exterior junto con el grosor de pared en un laminado en frío. Se realizan observaciones macroscópicas de la estructura para las muestras para investigar las condiciones para eliminar las imperfecciones de arrugas.

Como se ha descrito anteriormente, en el laminado en frío de un tubo metálico sin costuras con un laminador en frío de paso de peregrino, cuando la tasa de reducción del diámetro exterior se vuelve excesiva en comparación con una tasa de reducción del grosor de pared, la deformación en una dirección circunferencial en las regiones salientes se vuelve excesiva. Como resultado, el esfuerzo de compresión en una dirección circunferencial se vuelve excesivo, de forma que se generan imperfecciones de arrugas en la superficie interior del tubo y se pliegan en las regiones inferiores del surco, convirtiéndose en imperfecciones plegadas. Se repite este procedimiento, desarrollándose defectos perjudiciales en la superficie interior.

Como resultado de la anterior investigación, cuando se produce una envuelta hueca por medio del procedimiento de laminación con mandril Mannesmann en vez del procedimiento de termoextrusión, se pueden generar las imperfecciones de arrugas en la superficie interior con un laminador para reducir el diámetro exterior de tubos (un reductor por estiramiento o un laminador calibrador) en una etapa de la envuelta hueca. Y cuando están presentes estas imperfecciones de arrugas en la superficie interior, las imperfecciones interiores de arrugas fomentan, además, el desarrollo de las mismas en el laminado en frío, a lo que se prestará atención.

Con respecto al procedimiento de la presente invención para producir un tubo metálico sin costuras mediante laminado en frío, teniendo en cuenta que ha de usarse no solo una envuelta hueca termoextrudida sino también una envuelta hueca fabricada por medio de un procedimiento de laminación en caliente para reducir el diámetro exterior de tubos, es necesario fijar una tasa de reducción del diámetro exterior a no más de la mitad de una tasa de reducción del grosor de pared en un laminador en frío de paso de peregrino.

En el procedimiento de la presente invención para producir un tubo metálico sin costuras mediante laminado en frío, cuando se lleva a cabo un procedimiento de laminación para reducir el diámetro exterior de tubos con un reductor por estiramiento existe la condición de que la tasa de reducción del diámetro exterior no sea superior al 77%. O cuando se lleva a cabo un procedimiento de laminación para reducir el diámetro exterior de tubos con un laminador calibrador existe la condición de que la tasa de reducción del diámetro exterior no sea superior al 33%.

#### Ejemplos

Como muestras de ensayo, se utilizan envueltas huecas producidas por el procedimiento de termoextrusión (extrusión Ugine-Sejournet) y envueltas huecas producidas por el procedimiento de laminación con mandril Mannesmann (acabado con un reductor por estiramiento y un laminador calibrador). Se evaluó la calidad de la superficie interior del producto para muestras que experimentaron un trabajo en frío con un laminador en frío de paso de peregrino para una laminación de reducción del diámetro.

#### (Ejemplo 1)

Se utilizó como una envuelta hueca para una muestra de ensayo un tubo de acero hiperaleado de 25Cr-30Ni-3Mo que tenía un diámetro exterior de 50,8 mm y un grosor de pared de 5,5 mm producido mediante el procedimiento de termoextrusión. Se laminó la envuelta hueca con un laminador en frío de paso de peregrino para reducir el diámetro exterior hasta 38,1 mm y el grosor de pared hasta 2,4 mm. Se introdujo la envuelta hueca y fue girada en el punto de inicio de cada carrera de avance. Se resumen las condiciones del ensayo a continuación.

Diámetro de la barra ahusada de mandril:  $d_m$  varía desde 39,6 hasta 33,1 mm (ahusado)  
 Alimentación en la carrera de avance:  $f=8,0$  mm  
 Ángulo de giro en la carrera de avance:  $\theta=60^\circ$   
 Dimensiones de la envuelta hueca:  $d_o \times t_o=50,8$  mm  $\times$  5,5 mm  
 Dimensiones de acabado:  $d \times t=38,1$  mm  $\times$  2,4 mm  
 Relación entre diámetros antes y después de la reducción:  $d/d_o=0,75$   
 Relación de alargamiento:  $t_o (d_o-t_o)/t (d-t)=2,91$   
 Grosor de pared/diámetro exterior:  $t/d=0,063$   
 Tasa de reducción del diámetro exterior/tasa de reducción del grosor de pared:

$$R_d / R_t = 0,46 < 1 / 2$$

en la que

$$\text{Tasa de reducción del diámetro exterior: } R_d = \{1 - (d/d_o)\} \times 100 (\%)$$

$$\text{Tasa de reducción del grosor de pared: } R_t = \{1 - (t/t_o)\} \times 100 (\%)$$

Dado que no se generaron imperfecciones de arrugas en la envuelta hueca producida mediante la extrusión, la generación de defectos en la superficie interior resultantes de las imperfecciones de arrugas fueron sumamente reducida en un producto después de un laminado en frío, y se obtuvo una calidad satisfactoria de la superficie interior.

### (Ejemplo 2)

Se utilizó como una envuelta hueca para una muestra de ensayo un tubo de acero hiperaleado de 25Cr-30Ni-3Mo que tenía un diámetro exterior de 48,6 mm y un grosor de pared de 6,0 mm producido mediante el procedimiento de laminación con mandril Mannesmann con un laminador de perforación de tipo rodillo inclinado, un laminador de mandril, y un reductor por estiramiento. Se laminó la envuelta hueca con un laminador en frío de paso de peregrino para reducir el diámetro exterior hasta 41,0 mm y el grosor de pared hasta 2,2 mm. La tasa de reducción del diámetro exterior en el reductor por estiramiento no fue superior al 77%. Se resumen las condiciones del ensayo a continuación.

Diámetro de la barra de mandril:  $d_m=36,4$  mm (sin ahusamiento)  
 Alimentación en la carrera de avance:  $f=8,0$  mm  
 Ángulo de giro en la carrera de avance:  $\theta=60^\circ$   
 Dimensiones de la envuelta hueca:  $d_o \times t_o=48,6$  mm  $\times$  6,0 mm  
 Dimensiones de acabado:  $d \times t=41,0$  mm  $\times$  2,2 mm  
 Relación entre diámetros antes y después de la reducción:  $d/d_o=0,84$   
 Relación de alargamiento:  $t_o (d_o-t_o)/t (d-t)=3,0$   
 Grosor de pared/diámetro exterior:  $t/d=0,054$   
 Tasa de reducción del diámetro exterior/tasa de reducción del grosor de pared:

$$R_d / R_t = 0,25 < 1 / 2$$

en la que

$$\text{Tasa de reducción del diámetro exterior: } R_d = \{1 - (d/d_o)\} \times 100 (\%)$$

$$\text{Tasa de reducción del grosor de pared: } R_t = \{1 - (t/t_o)\} \times 100 (\%)$$

Aunque la tasa de reducción del diámetro exterior en el reductor por estiramiento no fue superior al 77%, la generación de imperfecciones interiores de arrugas fue eliminada en gran medida, dado que se llevó a cabo un procedimiento de laminación de reducción mientras se impartía una fuerza de tracción máxima entre soportes mediante una configuración de estiramiento total. Además, la generación de defectos en la superficie interior resultantes de las imperfecciones de arrugas fue, por lo tanto, leve en un producto después de un laminado en frío, y se obtuvo una calidad satisfactoria de la superficie interior.

### (Ejemplo 3)

Se utilizó como una envuelta hueca para una muestra de ensayo un tubo de acero hiperaleado de 25Cr-30Ni-3Mo que tenía un diámetro exterior de 101,6 mm y un grosor de pared de 7,0 mm producido mediante el procedimiento de laminación con mandril Mannesmann con un laminador de perforación de tipo rodillo inclinado, un laminador de mandril, y un laminador calibrador. Se laminó la envuelta hueca con un laminador de frío de paso de peregrino para reducir el diámetro exterior hasta 88,9 mm y el grosor de pared hasta 2,8 mm. Una tasa de reducción del diámetro exterior en el laminador calibrador no fue superior al 33%. Se resumen las condiciones del ensayo a continuación.

Diámetro de la barra de mandril:  $d_m=83,8$  mm (sin ahusamiento)

Alimentación en la carrera de avance:  $f=10,0$  mm  
 Ángulo de giro en la carrera de avance:  $\theta=60^\circ$   
 Dimensiones de la envuelta hueca:  $d_o \times t_o=101,6$  mm  $\times$  7,0 mm  
 Dimensiones de acabado:  $d \times t=88,9$  mm  $\times$  2,8 mm  
 5 Relación entre diámetros antes y después de la reducción:  $d/d_o=0,88$   
 Relación de alargamiento:  $t_o (d_o-t_o)/t (d-t)=2,8$   
 Grosor de pared/diámetro exterior:  $t/d=0,032$   
 Tasa de reducción del diámetro exterior/tasa de reducción del grosor de pared:

$$R_d / R_t = 0,21 < 1 / 2$$

10 en la que

Tasa de reducción del diámetro exterior:  $R_d = \{1 - (d/d_o)\} \times 100$  (%)  
 Tasa de reducción del grosor de pared:  $R_t = \{1 - (t/t_o)\} \times 100$  (%)

15 Dado que la tasa de reducción del diámetro exterior en el laminador calibrador no fue superior al 33%, que era considerablemente pequeña en comparación con la tasa de reducción del diámetro exterior en el caso del reductor por estiramiento, la generación de imperfecciones de arrugas en la superficie interior fue eliminada en gran medida. La generación de defectos en la superficie interior resultantes de las imperfecciones de arrugas fue, por lo tanto, leve en un producto después de un laminado en frío, y se obtuvo una calidad satisfactoria de la superficie interior.

### Aplicabilidad industrial

20 Según el procedimiento de la presente invención para producir un tubo metálico sin costuras mediante un laminado en frío, es posible eliminar la generación de defectos en la superficie interior resultantes de las imperfecciones interiores de arrugas al mejorar un equilibrio operativo entre la tasa  $R_d$  de reducción del diámetro exterior y la tasa  $R_t$  de reducción del grosor de pared en el momento de la laminación por estiramiento que acompaña el trabajo de reducción del diámetro mientras se reduce el grosor de pared. Por lo tanto, es posible obtener un tubo de alta calidad como un producto después de un laminado en frío.

25 Además, cuando se produce una envuelta hueca mediante el procedimiento de laminación con mandril Mannesmann, es posible mejorar adicionalmente la calidad del producto después de un laminado en frío al limitar una tasa de reducción del diámetro exterior en un laminador para reducir el diámetro exterior de tubos (un reductor por estiramiento o un laminador calibrador). Por lo tanto, se puede aplicar de forma generalizada la presente invención como un procedimiento para producir un tubo metálico sin costuras de alta calidad mediante laminado en frío.

### Lista de signos de referencia

- 1: Envuelta hueca
- 2: Rodillo calibrador de surco
- 3: Calibre de surco ahusado
- 35 4: Barra ahusada de mandril
- 5: Tubo laminado
- 11, 14: Segmento en el lado inferior del surco
- 12, 13: Segmento en el lado saliente
- 21: Lingote redondo
- 40 22: Pieza hueca, envuelta hueca
- 24: Laminador de mandril
- 25: Horno de recalentar
- 26: Laminador para reducir el diámetro exterior de tubos, reductor por estiramiento

45

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de producción de un tubo metálico (5) sin costuras mediante laminado en frío con un laminador en frío de paso de peregrino, que comprende las etapas de:

5 cuando se alarga una envuelta hueca (1) de tal forma que se reduce un diámetro exterior ( $d_0$ ) de la misma mientras que se reduce un grosor ( $t_0$ ) de pared de la misma, se utilizan de forma selectiva un par de rodillos (2) y una barra ahusada (4) de mandril según los diámetros exteriores y los grosores de pared de la envuelta hueca y un tubo laminado como producto, teniendo cada uno de los rodillos un calibre (3) de surco ahusado que tiene un diámetro que se reduce progresivamente desde un lado de entrada de acoplamiento del rodillo hacia un lado de salida de acabado del mismo, reduciéndose también progresivamente el diámetro de la barra ahusada de mandril desde un lado de entrada de acoplamiento hacia un lado de salida de acabado; y,

10 una tasa  $R_d$  de reducción del diámetro exterior está fijada en no más de la mitad de una tasa  $R_t$  de reducción del grosor de pared, en el que

$$R_d = \{1 - (d / d_0)\} \times 100(\%)$$

$$15 \quad R_t = \{1 - (t / t_0)\} \times 100(\%)$$

$d_0$ : diámetro exterior de la envuelta hueca

$d$ : diámetro exterior de acabado

$t_0$ : grosor de pared de la envuelta hueca

20  $t$ : grosor de pared de acabado, estando el procedimiento **caracterizado porque:** se utiliza una envuelta hueca fabricada mediante un procedimiento de laminado de reducción en caliente con uno de

(a) o (b):

- 25 (a) un reductor por estiramiento, con la condición de que la tasa de reducción del diámetro exterior en el reductor por estiramiento no sea superior a un 77%;
- (b) un laminador calibrador, con la condición de que la tasa de reducción del diámetro exterior en el laminador calibrador no sea superior a un 33%.



FIG. 1

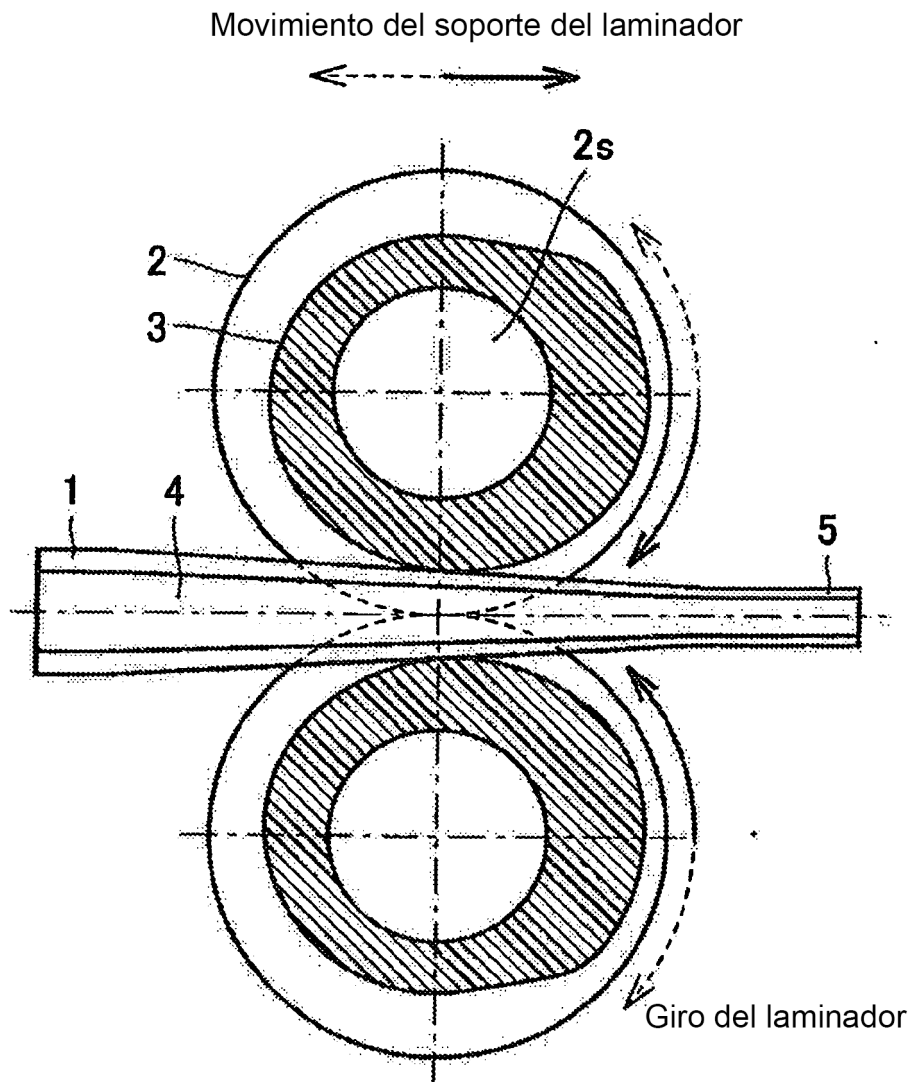


FIG. 2

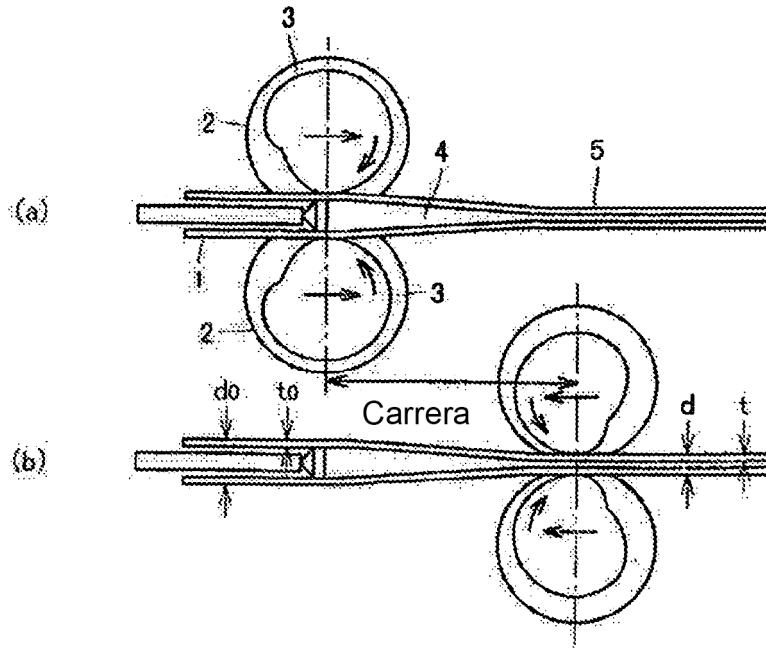
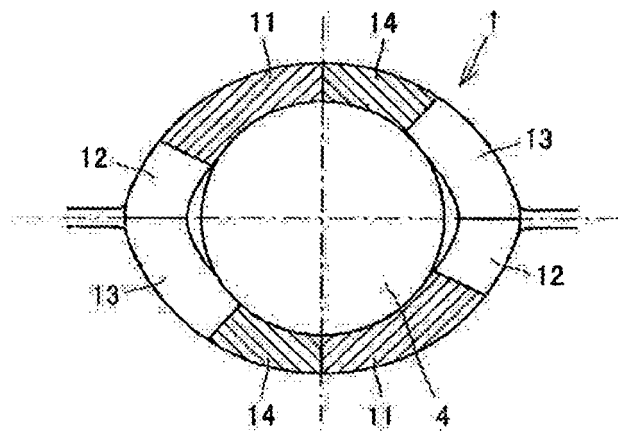


FIG. 3



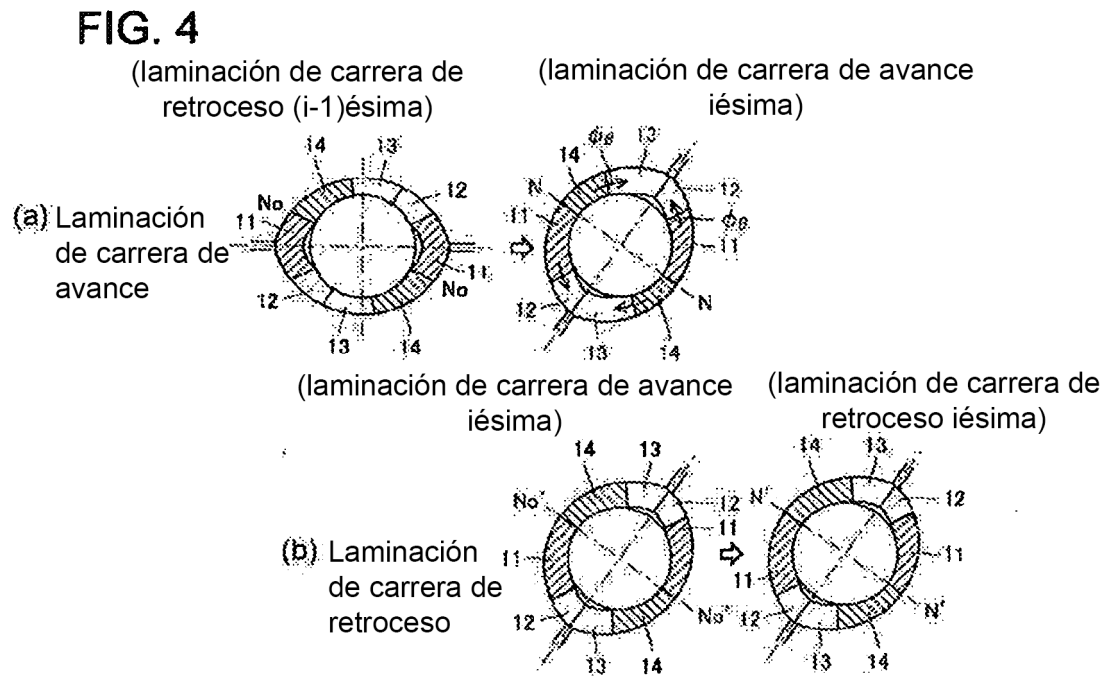


FIG. 5

