

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 760**

51 Int. Cl.:

B22D 11/12 (2006.01)

B21B 19/04 (2006.01)

C21D 7/13 (2006.01)

C22C 19/05 (2006.01)

C22C 38/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.08.2013 PCT/JP2013/071538**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.02.2014 WO14024983**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2013 E 13827694 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2019 EP 2883630**

54 Título: **Método para fabricar una palanquilla redonda de aleación alta con contenido de níquel que tiene calidad interna mejorada**

30 Prioridad:

09.08.2012 JP 2012177406

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

06.11.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MIYAMOTO, SEIJI y
KAGARI, TAKAYOSHI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 729 760 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 una palanquilla redonda de aleación alta con contenido de níquel que tiene calidad interna mejorada

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un método para fabricar una palanquilla redonda de aleación alta que contiene níquel.

Técnica anterior

Hoy en día, en la perforación de pozos de petróleo y pozos de gas, ha sido necesario perforar hasta el estrato más profundo y perforar en un medio corrosivo más severo que antes.

- 10 En dicho medio, se utiliza una cañería sin costura que está fabricada de una alta aleación de níquel y alto cromo con una buena tensión, resistencia a la corrosión y resistencia a la alta temperatura. Especialmente, un acero de Cr-ni-Mo alto es un material que tiene una alta resistencia que muestra alta resistencia a la corrosión incluso en un ambiente caliente dulce (CO₂) y en un ambiente corrosivo caliente (H₂S).

- 15 Un método que se puede considerar para la mejora de la productividad y la reducción de costos en el proceso del acero es cambiar su método de fundición de un método de fundición en lingotes a un método de fundición continua. En el método de fundición en lingotes, dado que una posición de solidificación final de un lingote de acero es una parte del elevador de esclusa, la parte de segregación y la parte de la cavidad se unen a la parte del elevador de esclusa (parte superior del lingote de acero). Por lo tanto, en el método de fundición en lingotes, incluso aunque la parte constante del lingote de acero después de la fundición tenga una buena calidad, dado que la parte de segregación y la parte de la cavidad deben ser removidas del lingote de acero después de la fundición, la mejora de la productividad y la reducción de costos se restringen.

- 20 Un proceso para fabricar una cañería sin costura a partir de una palanquilla rectangular que se produce mediante fundición continua incluye los pasos de fabricar una palanquilla redonda a partir de la palanquilla rectangular mediante el laminado o forjado, y fabricar una cañería sin costura a partir de la palanquilla redonda. En el paso de fabricación de la cañería sin costura a partir de la palanquilla redonda, la calidad interna (por ejemplo, craqueo intergranular, cavidad, segregación y similares) de la palanquilla redonda a ser utilizada afecta la calidad de la superficie interna de la cañería sin costura que va a ser producida. Por lo tanto, con respecto a la palanquilla redonda que se utiliza para fabricar una cañería sin costura, no solo es importante el control de calidad de la superficie externa, sino también el control de la calidad interna.

- 25 En el método de fundición continua, dado que la velocidad de enfriamiento es más rápida en comparación con el método de fundición en lingotes, el craqueo puede ocurrir en el centro axial. Además, en un caso donde se utiliza un aparato para fundición continua del tipo dobladura, hay una posibilidad de que el craqueo se produzca de acuerdo con la deformación (sin dobladura) de la lámina de fundición al moverse de una parte de dobladura hacia una parte horizontal del aparato.

- 30 Si se trata de aplicar la fundición continua para fabricar un acero de Cr-ni-Mo alto para la fabricación de una cañería sin costura, (1) la segregación de Mo tiende a quedarse en la lámina de fundición, (2) la cavidad tiende a quedarse en la lámina de fundición, y (3) el craqueo intergranular tiende a producirse a causa de una resistencia alta a la deformación. Por lo tanto, de manera convencional, fue difícil emplear el método de fundición continua como un proceso de fundición de un acero de Cr-ni-Mo alto para la fabricación de una cañería sin costura.

- 35 Con relación a la fabricación de una cañería sin costura de alta aleación basada en alto Cr y alto Ni, el documento de patente 1 divulga el contenido limitante de Zn y Pb que están en la aleación como impureza, y la relación de laminado total limitante de la palanquilla (= (sección transversal antes del laminado) / (sección transversal después del laminado)) al formar una palanquilla rectangular en una palanquilla redonda. El documento de patente 1 describe que, de acuerdo con este método, dado que el craqueo y la grieta es difícil que se produzcan sobre la superficie externa de la palanquilla, se puede fabricar una cañería sin costura de alta aleación que tenga una calidad de la superficie externa mejorada.

- 40 Sin embargo, con respecto a la calidad interna de una palanquilla redonda que se fabrica a partir de una palanquilla rectangular que se produce por fundición continua de acero de alto Cr y alto Ni-Mo, y la calidad de la superficie interna de la cañería sin costura que se fabrica a partir de la palanquilla redonda, no se han obtenido hallazgos para la mejora de la calidad.

Listado de Citas

Literatura de patente

Documento de patente 1 Solicitud de Patente Japonesa abierta a inspección pública 2009-120875

Compendio de la invención

Problemas para resolver por la invención

5 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método para fabricar una palanquilla redonda que tenga una mejor calidad interna, a partir de una palanquilla rectangular que se fabrica por fundición continua de acero de alto Cr y alto Ni-Mo.

Medios para resolver los problemas

Un método para fabricar una palanquilla redonda de aleación alta que contiene níquel, de acuerdo con la presente invención, comprende los pasos de:

10 fundir de manera continua un acero fundido por medio de un molde de fundición, obteniendo, de este modo, una palanquilla rectangular; y

formar la palanquilla rectangular en una palanquilla redonda mediante el forjado o laminado,

en donde el molde de fundición tiene una forma tal que una relación w/h entre la extensión del lateral largo (w) y la extensión del lateral corto (h) de una sección transversal de la palanquilla rectangular es de 1,0 a 2,0 y la sección transversal es perpendicular a la dirección de fundición de la palanquilla rectangular;

15 en donde el paso de formación incluye reaccionar la palanquilla rectangular a 1200 hasta 1300 °C antes del forjado y el laminado; y

el tiempo de reacción de la palanquilla rectangular en el paso de reacción es no inferior a 9 horas, donde la formación se lleva a cabo mediante forjado, y es no inferior a 24 horas donde la formación se lleva a cabo mediante laminado;

la composición química del acero fundido es:

20 C: 0,005 a 0,250 % en masa,

Si: 0,05 a 2,00 % en masa,

Mn: 0,05 a 3,00 % en masa,

P: no más de 0,04 % en masa,

S: no más de 0,004 % en masa,

25 Cu: 0,01 a 3,00 % en masa,

Cr: 10 a 35 % en masa,

Ni: 10 a 80 % en masa,

Mo: 1,5 a 10,0 % en masa,

Al: 0,001 a 0,300 % en masa,

30 N: 0,001 a 0,300 % en masa,

W: 0,00 a 6,00 % en masa,

Ti: 0,00 a 2,00 % en masa, y

el resto: Fe e impurezas.

35 En la presente invención, «dirección de fundición de la palanquilla rectangular» se refiere a una dirección en la cual la palanquilla es recogida del desvío de pivote continuo, y se la puede denominar, de forma alternativa, «dirección de eje de la palanquilla rectangular» o «dirección de extensión de la palanquilla rectangular». Normalmente, la «extensión del lateral largo (w) de una sección transversal de la palanquilla rectangular perpendicular a la dirección de fundición de la palanquilla rectangular» se refiere a un ancho de la palanquilla rectangular, y la «extensión del lateral corto (h) de una sección transversal de la palanquilla rectangular perpendicular de la dirección de fundición de la palanquilla rectangular» se refiere a un espesor de la palanquilla rectangular.

45 El grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda es no más de 0,20. En la presente invención, el «grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda» se refiere a una relación $((C_{Mo'} - C_{Mo})/C_{Mo})$ de una diferencia $(C_{Mo'} - C_{Mo})$ entre la concentración de Mo en el centro axial de la palanquilla redonda ($C_{Mo'}$) y la concentración de Mo en el acero fundido (C_{Mo}) a la concentración de Mo en el acero fundido (C_{Mo}). En la presente invención, la «concentración de Mo en el centro axial de la palanquilla redonda» se determina, al definir un diámetro de la palanquilla redonda como D,

- mediante (1) en una cara extrema de la palanquilla redonda, recolectar una muestra mediante el corte de una región circular de diámetro $D/20$ de la palanquilla redonda que centra el centro axial en una dirección de eje, (2) medir la concentración de Mo de la muestra, mediante el método espectrométrico de emisión atómica ICP de acuerdo con JIS G1258-1 (método espectrométrico de emisión atómica de hierro y acero-ICP-Parte 1: Determinación de la descomposición del contenido de silicio, manganeso, fósforo, níquel, cromo, molibdeno, cobre, vanadio, cobalto, titanio y aluminio con ácidos y fusión con disulfato de potasio). La concentración de Mo en el acero fundido se mide, además, por el método espectrométrico de emisión atómica ICP de acuerdo con JIS G1258-1 con respecto a la muestra recolectada de acuerdo con JIS G0320 («Método de prueba estándar para el análisis térmico de los productos de acero»).
- 5
- 10 Preferiblemente, una relación (A/B) entre una sección transversal (A) de la palanquilla rectangular antes del paso de formación y una sección transversal (B) de la palanquilla redonda después del paso de formación es de 2,5 hasta 12,0. En adelante, la relación A/B de la sección transversal que se describió anteriormente, se denomina, algunas veces, como «relación de forjado total o relación de laminado total»:

Efectos de la invención

- 15 De acuerdo con la presente invención, al fabricar una palanquilla redonda a partir de una palanquilla rectangular que se fabrica mediante una fundición continua de acero de alto Cr y alto Ni-Mo, es posible incrementar la calidad interna de la palanquilla redonda a ser fabricada. De acuerdo con la palanquilla redonda que se fabrica mediante el método de la presente invención, es posible incrementar la calidad de la superficie interna de una cañería sin costura que se fabrica a partir de la palanquilla redonda.

20 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un método de fabricación de una palanquilla redonda de aleación alta con contenido de Ni, de acuerdo con una realización;

- 25 La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un detalle de un paso para formar una palanquilla rectangular en una palanquilla redonda en el método de fabricación de una palanquilla redonda de aleación alta con contenido de Ni, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 3 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre una relación w/h de un molde de fundición y el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda en un caso donde se emplea el forjado como un método de formación;

- 30 La figura 4 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre una relación w/h de un molde de fundición y el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda en un caso donde se emplea el laminado como un método de formación;

La figura 5 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda que se forma por el forjado y la relación de rechazo de la cañería sin costura;

- 35 La figura 6 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda que se forma por el laminado y la relación de rechazo de la cañería sin costura;

La figura 7 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre el tiempo de reacción de la palanquilla rectangular antes de la formación por forjado, y la relación de rechazo de la cañería sin costura en un caso donde la relación w/h del molde de fundición es de 1,0 a 1,7;

- 40 La figura 8 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre el tiempo de reacción de la palanquilla rectangular antes de la formación por laminado, y la relación de rechazo de la cañería sin costura en un caso donde la relación w/h del molde de fundición es de 1,0 a 1,7.

Modos para llevar a cabo la invención

- 45 En adelante, la presente invención se describirá con referencia a los dibujos. Debe observarse que las realizaciones que se muestran a continuación son ejemplos de la presente invención. Además, «A a B» con respecto a los valores numéricos A y B significa «A o más y B o menos». En los casos donde la unidad del valor numérico A se omite, la unidad dada al valor numérico B se aplica como la unidad del valor numérico A. Además, en la siguiente descripción, en los casos donde solo se da «%» con respecto al contenido de elementos, la anotación significa «% en masa».

< (A) Composición química del acero fundido >

- 50 Primero de todo, se describirá una composición química del acero de alto Ni alto Cr-Mo que se utiliza en la presente invención.

C: 0,005 hasta 0,250 %

C es un elemento necesario para obtener la tenacidad del material de acero. Por lo tanto, su contenido debe ser no menos de 0,005 %. Además, C inhibe la generación de la fase σ que es una fase de fragilidad fácil de segregar a la parte de segregación de Mo. Sin embargo, si el contenido de C es más de 0,250 %, la cantidad de $M_{23}C_6$ carburo se incrementa significativamente, por lo que la ductilidad y la tenacidad del material de acero disminuyen. Por lo tanto, el contenido de C en el acero fundido de la presente invención es de 0,005 hasta 0,250 %. Si el contenido de C es de 0,006 hasta 0,030 %, el material de acero no solo tiene una mejor resistencia, ductilidad y tenacidad, sino además una resistencia a la corrosión mejorada, por lo tanto, es más preferible. M en el « $M_{23}C_6$ carburo» anterior incluye los elementos metálicos como por ej., Cr, Fe y Mo en combinación.

Si: 0,05 hasta 2,00%

Si es un elemento que se agrega como agente desoxidante en el refinado de acero. A fin de insertar este efecto desoxidante, el contenido de Si debe ser no menos de 0,05 %. Sin embargo, si el contenido de Si es más de 2,00 %, la ductilidad y la tenacidad del material de acero disminuyen. Por lo tanto, el contenido de Si en el acero fundido de la presente invención es de 0,05 hasta 2,00 %. Si el contenido de Si es de 0,20 hasta 0,50 %, la ductilidad y la tenacidad del acero fundido mejora, por lo tanto es preferible.

Mn: 0,05 hasta 3,00%

Mn es un elemento que se agrega como agente desoxidante en el refinado de acero. A fin de insertar este efecto desoxidante, el contenido de Mn debe ser no menos de 0,05 %. Sin embargo, si el contenido de Mn es más del 3,00 %, la ductilidad y la tenacidad del material de acero disminuyen, por lo que tiende a ocurrir el craqueo sobre una superficie interna de la cañería y el craqueo de interferencia de la superficie interna y externa de la cañería de una cañería sin costura que se fabrica a partir de una palanquilla redonda. Por lo tanto, el contenido de Mn en el acero fundido de la presente invención es de 0,05 hasta 3,00 %. Es preferible que el contenido de Mn sea de 0,20 hasta 1,00 %.

P: no más de 0,04 %

P es un elemento de impureza que se mezcla a partir de materias primas y chatarra. En general, si existe una gran cantidad de P en la aleación, la capacidad de trabajabilidad en caliente y la resistencia a la corrosión disminuyen. En particular, si el contenido de P es más de 0,04 %, la trabajabilidad en caliente y la resistencia a la corrosión del material de acero disminuyen significativamente. Por lo tanto, el contenido aceptable de P en el acero fundido de la presente invención es no más de 0,04 %. Es preferible que el contenido de P sea no más de 0,03 %.

S: no más de 0,004 %

S es, además, un elemento de impureza que se mezcla a partir de materias primas y chatarra. En general, si existe una gran cantidad de S en la aleación, la capacidad de trabajabilidad en caliente y la resistencia a la corrosión disminuyen. En particular, si el contenido de S es más de 0,004 %, la trabajabilidad en caliente y la resistencia a la corrosión disminuyen significativamente. Por lo tanto, el contenido aceptable de S en el acero fundido de la presente invención es no más de 0,004 %. Es preferible que el contenido de S sea no más de 0,003 %. Si el contenido de S es no más de 0,0015 %, el material de acero muestra una capacidad de trabajabilidad en caliente sobresaliente, por lo tanto es más preferible.

Cu: 0,01 hasta 3,00%

Cu es un elemento eficaz para mejorar la resistencia a la corrosión del material de acero, y el efecto se obtiene cuando el contenido de Cu es no menos de 0,01 %. Sin embargo, si el contenido de Cu es más de 3,00 %, algunas veces la ductilidad y la tenacidad del material de acero disminuyen. Por lo tanto, el contenido de Cu en el acero fundido de la presente invención es de 0,01 hasta 3,00 %. Es más preferible que el contenido de Cu sea de 0,02 hasta 1,50 %.

Cr: 10 hasta 35%

Cr, junto con Mo y N, tienen la función de mejorar la resistencia a la corrosión de la aleación. El efecto se obtiene cuando el contenido de Cr es no menos del 10 %. Sin embargo, si el contenido de Cr es más del 35 %, la capacidad de trabajabilidad en caliente de la aleación disminuye. Por lo tanto, el contenido de Cr en el acero fundido de la presente invención es de 10 hasta 35 %. Es más preferible que el contenido de Cr sea de 18 hasta 30 %.

Ni: 10 hasta 80%

Ni, junto con N, tiene la función de estabilizar el material base de austenita. Ni es un elemento esencial para contener una gran cantidad de elementos que tienen la propiedad de refuerzo y la propiedad de resistencia a la corrosión como por ej., Cr y Mo en una aleación alta. Estos efectos se obtienen cuando el contenido de Ni es no menos de 10 %. Por otro lado, si hay una gran cantidad de Ni, el costo de la aleación aumenta. En particular, si el contenido de Ni es más del 80 %, el costo aumenta significativamente. Por lo tanto, el contenido de Ni en el acero fundido de la presente invención es de 10 hasta 80 %. En vista de inhibir la segregación de la fase de fragilidad originada por el contenido de

Mo de forma más efectiva, el contenido de Ni es, más preferiblemente, no menos de 30 %. Por otro lado, en vista de una mayor inhibición del costo del material de la aleación, el contenido de Ni es, más preferiblemente, no más de 60 %.

Mo: 1,5 hasta 10,0%

5 Mo tiene la función de incrementar la tenacidad y la resistencia a la corrosión de la aleación bajo la coexistencia de Cr. El efecto se obtiene cuando el contenido de Mo es no menos de 1,5 %. Sin embargo, si el contenido de Mo es más de 10,0 %, las propiedades mecánicas de la aleación como por ej., la ductilidad y la tenacidad disminuyen. Por lo tanto, el contenido de Mo en el acero fundido de la presente invención es de 1,5 hasta 10,0 %. Es más preferible que el contenido de Mo sea de 2,5 hasta 9,0 %.

Al: 0,001 hasta 0,300%

10 Al es un elemento que se agrega como agente desoxidante en el refinado del acero. El efecto se obtiene cuando el contenido de Al es no menos de 0,001 %. Por otro lado, si existe una cantidad excesiva de Al, la limpieza de la aleación se deteriora y se produce el defecto que se origina a partir de la inclusión. Por lo tanto, el contenido de Al en el acero fundido de la presente invención es de 0,001 hasta 0,300 %. Es más preferible que el contenido de Al sea de 0,001 hasta 0,200 %.

15 **N: 0,001 hasta 0,300%**

N, junto con Ni, tiene la función de estabilizar el material base de austenita. A fin de insertar este efecto desoxidante, el contenido de N debe ser no menos de 0,001 %. Por otro lado, si hay una excesiva cantidad de N, la tenacidad del material de acero posiblemente disminuya de manera significativa. Por lo tanto, el contenido de N en el acero fundido de la presente invención es de 0,001 hasta 0,300 %. Es más preferible que el contenido de N sea de 0,004 hasta 0,270 %.

W: 0,00 hasta 6,00%

25 En la presente invención, el acero fundido puede contener W, pero no debe contener W. Si hay una cantidad excesiva de W, el costo de la aleación aumenta de manera excesiva. Específicamente, si el contenido de W es más del 6,00 %, el incremento del costo de la aleación es extremadamente grande. Por lo tanto, el contenido de W en el acero fundido de la presente invención es de 0,00 hasta 6,00 %. W, un elemento opcional en el contenido, tiene la función de incrementar la tenacidad y la resistencia a la corrosión de la aleación bajo la coexistencia de Cr. Este efecto se puede obtener cuando el contenido de W es no menos de 0,01 %. Por lo tanto, el contenido de W es más preferiblemente de 0,01 hasta 6,00 %.

Ti: 0,00 hasta 2,00%

30 En la presente invención, el acero fundido puede contener Ti pero no debe contener Ti. Si hay una cantidad excesiva de Ti, la capacidad de trabajabilidad en caliente disminuye, por lo tanto, el contenido de Ti en el acero fundido de la presente invención es de 0,00 hasta 2,00 %. Ti, un elemento opcional en el contenido, tiene la función de deacidificación y estabilización de C. Especialmente, en un acero inoxidable, al fijar C con Ti para evitar la generación de Cr₃C₂, por medio del cual es posible inhibir la producción de la capa agotada de Cr. A fin de obtener este efecto, el contenido de Ti debe ser no menos de 0,05 %. Por lo tanto, el contenido de Ti es preferiblemente de 0,05 hasta 2,00 %, y más preferiblemente, de 0,05 hasta 1,50 %.

<(B) Formación del molde de fundición>

40 El molde de fundición que se utiliza para fundición continua de un acero de alto Ni alto Cr Mo en la presente invención tiene una forma tal que una relación de w/h entre la extensión del lateral largo (w) y la extensión del lateral corto (h) de una sección transversal de la palanquilla rectangular es 1,0 a 2,0 y la sección transversal es perpendicular a la dirección de fundición (dirección en la cual la palanquilla rectangular que se funde continuamente continúa) de la palanquilla rectangular. Normalmente, la «extensión del lateral largo (w) de una sección transversal de la palanquilla rectangular perpendicular a la dirección de fundición» se refiere a un ancho de la palanquilla rectangular, y la «extensión del lateral corto (h) de una sección transversal de la palanquilla rectangular perpendicular de la dirección de fundición» se refiere a un espesor de la palanquilla rectangular. En el medio de la solidificación del acero, si se aplica un proceso para corregir una lámina de fundición curva para que sea plana (es decir, la fundición continua se lleva a cabo mediante un aparato de fundición continua que no sea un aparato de fundición continua del tipo vertical, como por ej., un aparato de fundición continua del tipo dobladura y un aparato de fundición continua el tipo dobladura vertical), con respecto a la anterior «sección transversal de la palanquilla rectangular perpendicular a la dirección de fundición», (1) la «extensión del lateral largo (w)» debe ser tomada en una dirección que no cambia en el proceso anterior de corregir la lámina de fundición curva para que sea plana (es decir, la dirección horizontal cuando la palanquilla rectangular es recogida del aparato de fundición continua), y (2) la «extensión del lateral corto (h)» debe ser tomada en una dirección que cambia en el proceso de corregir la lámina de fundición curva para que sea plana (es decir, la dirección vertical cuando la palanquilla rectangular es recogida del aparato de fundición continua). En adelante, la relación w/h se denomina, algunas veces, «relación de aspecto» a los fines descriptivos.

Si la relación de aspecto w/h del molde de fundición que se utiliza para la fundición continua es más de 2,0, la calidad interna de la palanquilla redonda disminuye. Se considera que esto viene de una parte restante de la segregación que es más ancha porque el ancho de la parte de solidificación final se convierte en largo. Por otro lado, si la relación de aspecto w/h del molde de fundición es inferior a 1,0 en un caso donde se utiliza un aparato de fundición continua que corrige la lámina de fundición curva en el medio de la solidificación del acero para que sea plana (aparato de fundición continua del tipo dobladura o aparato de fundición continua del tipo dobladura vertical), se requiere una gran cantidad de potencia para corregir la palanquilla rectangular. Por lo tanto, la relación de aspecto w/h del molde de fundición continua en la presente invención debe ser 1,0 o más y 2,0 o menos. En vista de mejorar más la calidad interna de la palanquilla redonda, la relación w/h del molde de fundición es más preferiblemente 1,0 o más y 1,7 o menos.

10 <(C) Método de fabricación de la palanquilla redonda>

La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un método de fabricación S1 de una palanquilla redonda de aleación alta con contenido de Ni (en adelante, algunas veces se denomina «método de fabricación S1» o simplemente «S1») de acuerdo con una realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 1, el método de fabricación S1 incluye un paso S11 de preparación del acero fundido (en adelante, algunas veces, se denomina «S11» en breve), un paso S12 de fundición continua (en adelante, algunas veces se denomina «S12», en breve) y un paso S13 de formación (en adelante, algunas veces se denomina «S13» en breve) en el orden mencionado). El paso S11 de preparación del acero fundido es un paso para producir un metal fundido de alta aleación que tiene la composición química que se describió anteriormente (acero de alto Ni, alto Cr-Mo). El paso S12 de fundición continua es un paso para fundir de forma continua el metal fundido que se prepara en S11 por medio del molde de fundición que tiene la forma que se describió anteriormente, por lo que se obtiene una palanquilla rectangular. El método S13 de formación es un paso para formar la palanquilla rectangular que se obtiene en S12 en una palanquilla redonda mediante forjado o laminado.

La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra el paso S13 de formación en detalle. Como se muestra en la figura 2, el método de formación S13 incluye un paso S131 de calentamiento (en adelante, algunas veces, se denomina «S131» en breve), un paso S132 de reacción (en adelante, algunas veces se denomina «S132», en breve) y un paso S133 de forjado/laminado (en adelante, algunas veces se denomina «S133» en breve) en el orden mencionado. El paso S131 de calentamiento es un paso para calentar la palanquilla rectangular que se obtiene mediante el paso de fundición continua S12 hasta una temperatura de no más de 1300 °C. El S131 tiene el significado de prevenir el craqueo y la grieta sobre la superficie de la palanquilla redonda a ser fabricada, al evitar la generación del craqueo originado por la fusión del borde de grano en el forjado o laminado. El paso S132 de reacción es un paso para reaccionar la palanquilla rectangular que paso a través del S131. El paso S133 de forjado/laminado es un paso para aplicar el forjado o laminado a la palanquilla rectangular que pasó a través del S132 mientras que la temperatura de la palanquilla rectangular es no inferior a 800 °C, de esa manera se forma la palanquilla rectangular en una palanquilla redonda. Mientras la temperatura de la palanquilla rectangular es no inferior a 800 °C, la resistencia a la deformación del material no es demasiado grande, por lo tanto, la carga a ser aplicada al aparato de forjado o al aparato de laminado no debe ser excesiva.

El tiempo de reacción en el paso de reacción S132 es no menos de 9 horas donde se emplea la formación por forjado en S133, y es no menos de 24 horas donde se emplea la formación por laminado en S133. Al asegurar el tiempo de reacción no inferior al valor inferior que se describió anteriormente antes de formar la palanquilla rectangular en una palanquilla redonda, es posible mejorar, de forma efectiva, la calidad interna de la palanquilla redonda a ser fabricada. El motivo se puede asumir como se describe a continuación. Es decir, el motivo se considera que al reaccionar la palanquilla rectangular durante un período de tiempo suficientemente largo, (1) la difusión de los elementos del componente dentro de la palanquilla rectangular está lo suficientemente avanzada, (2) al difundir los elementos del componente dentro de la palanquilla rectangular, la segregación que había ocurrido dentro de la palanquilla rectangular se redujo, y (3) como resultado de facilitar la segregación dentro de la palanquilla rectangular, la generación de una fase σ frágil puede ser inhibida. En el paso S132 de reacción, la reacción se lleva a cabo a una temperatura de 1200 hasta 1300 °C, y es más preferible que la reacción se lleve a cabo a una temperatura de 1240 hasta 1300 °C.

En el paso S133 de forjado/laminado, es preferible que la relación de forjado total o la relación de laminado total sean de 2,5 hasta 12,0. Aquí, «la relación de forjado total o la relación de laminado total» se refiere a la relación A/B de la sección transversal (A) en la dirección del eje de la palanquilla rectangular antes del paso S13 de formación y la sección transversal (B) en la dirección del eje de la palanquilla redonda después del paso S13 de formación. En la formación de la palanquilla rectangular de acero de alto Ni, alto Cr-Mo en una palanquilla redonda mediante el forjado o el laminado, si la relación de forjado total o la relación de laminado total es demasiado grande, tiende a producirse el craqueo y la grieta sobre la superficie después de la formación. Por otro lado, si la relación de forjado total o la relación de laminado total es demasiado pequeña, el craqueo intergranular y la cavidad tienden a quedarse en la palanquilla redonda después de la formación.

Un grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda después del paso S13 de formación es no más de 0,20. La frase «grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda» se refiere a la relación $((C_{Mo} - C_{Mo}) / C_{Mo})$ de una diferencia $(C_{Mo} - C_{Mo})$ entre la concentración de Mo en el centro del eje de la palanquilla redonda (C_{Mo}) y la concentración de Mo en el acero fundido (C_{Mo}) a la concentración de Mo en el acero fundido (C_{Mo}). En la presente invención, el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda tiene, ciertamente, un valor de no menos de 0,00. El grado de

segregación de Mo de la palanquilla redonda que es no más de 0,20 hace posible inhibir la generación del craqueo y la grieta sobre la superficie interna de la cañería en la fabricación de una cañería sin costura a partir de la palanquilla redonda.

Ejemplos

5 Cada aleación que tiene una composición química que se muestra en la tabla 1 a continuación se fundió mediante el proceso EF (horno eléctrico)-AOD (descarburación con oxígeno con argón)-VOD (descarburación con oxígeno al vacío), a partir de ahí, las palanquillas rectangulares se obtuvieron mediante un método de fundición continua o mediante un método de fundición en lingotes. A continuación, cada una de las palanquillas rectangulares reaccionaron con una condición de reacción (temperatura de reacción y tiempo de reacción) que se muestra en la tabla 2, a partir de ahí se llevó a cabo el forjado o el laminado en la palanquilla rectangular para obtener una palanquilla redonda. Con respecto a cada lámina de fundición, la temperatura de reacción estaba dentro del intervalo en el cual se pudo llevar a cabo el forjado o el laminado. Con respecto a cada lámina de fundición, la temperatura de acabado en el forjado o en el laminado fue no inferior a 800 °C.

15 El grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda se utilizó como índice de la evaluación del grado de segregación de la palanquilla redonda. Entre las composiciones del acero fundido que se describió anteriormente, Si, Mn, Cr, Mo, Ti y W son elementos para promocionar la generación de la fase σ que es una fase de fragilidad. Entre esos, Mo tiene una velocidad de difusión baja, y es grande en contenido en el acero fundido. Por lo tanto, un grado de segregación de una palanquilla redonda entera se evaluó por su grado de segregación de Mo. Para cada palanquilla redonda que se obtiene, el grado de segregación de Mo se determinó de la siguiente manera.

20 (1) Medición de la concentración de Mo en la parte central de la palanquilla

(1-a) Al definir el diámetro de la palanquilla redonda como D, en la cara extrema de la palanquilla redonda, se recolectó una muestra mediante el corte de un área circular de diámetro D/20 que centra el centro axial de la palanquilla redonda en una dirección de eje de la palanquilla redonda;

25 (1-b) La concentración de Mo en la muestra se midió por ICP, método espectrométrico de emisión atómica, de acuerdo con JIS G1258-1 (método espectrométrico de emisión atómica de hierro y acero-ICP-Parte 1:

30 Determinación de la disolución del contenido de silicio, manganeso, fósforo, níquel, cromo, molibdeno, cobre, vanadio, cobalto, titanio y aluminio con ácidos y fusión con disulfato de potasio). El número de veces se estableció que sea no menos de tres, y un valor promedio, cuando se llevó a cabo la medición más de una vez hasta que la tolerancia permitida (error) que se definió en JIS G1258-1 resultó no más de 0,5 % del promedio, se estableció que es la concentración de Mo (c_{Mo}) de la parte central de la palanquilla.

(2) Medición de la concentración de Mo en el acero fundido

35 La concentración de Mo en el acero fundido se midió mediante el método espectrométrico de emisión atómica ICP de acuerdo JIS G1258-1 con respecto a la muestra recolectada de acuerdo con JIS G0320 («Método de prueba estándar para el análisis térmico de los productos de acero»). El número de la medición se estableció que sea no menos de tres, y un valor promedio, cuando se llevó a cabo la medición más de una vez hasta que la tolerancia permitida (error) que se definió en JIS G1258-1 resultó no más de 0,5 % del promedio, se estableció que es la concentración de Mo (c_{Mo}) del acero fundido.

(3) Determinación del grado de segregación de Mo

40 Basado en c_{Mo}' y c_{Mo} que se determinó en (1) y (2) anterior, el grado de segregación de Mo (r_{Mo}) de la palanquilla redonda se calculó a partir de la fórmula (1) a continuación.

$$r_{Mo} = (c_{Mo}' - c_{Mo}) / c_{Mo} \quad (1)$$

De acuerdo con la fórmula anterior (1), es posible evaluar el grado de segregación de Mo incluso entre las palanquillas que tienen diferente contenido de Mo en el acero fundido.

45 En la tabla 2, la relación de aspecto con el molde de fundición, el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda, el método de formación de la palanquilla rectangular (forjado/laminado) y la relación de forjado total o la relación de laminado total en la formación de la palanquilla rectangular en una palanquilla redonda se describieron de manera conjunta.

50 En las tablas 1 y 2, la composición química del acero fundido, la relación de aspecto w/h del molde de fundición y el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda de cada uno de los ítems 1 a 31 están dentro del alcance de la presente invención. Además, entre la composición química del acero fundido, la relación de aspecto w/h del molde de fundición y el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda de cada uno de los ítems 32 a 37, cada una de las unidades a las que se le da un símbolo «*» está fuera del alcance de la presente invención. Cada uno de los ítems 38 y 39 es un ejemplo en el cual la palanquilla rectangular fue fundida no por fundición continua sino por lingotes.

5 Con respecto a cada uno de los ítems 1 a 39, se fabricaron no menos de 20 de palanquillas redondas, y a partir de cada una de las palanquillas redondas, una cañería sin costura se fabricó mediante el proceso Ugine o el proceso Mannesmann. En cada uno de los ítems, el número de cañerías sin costura que se fabricaron mediante el proceso Ugine, y el número de cañerías sin costura que se fabricaron mediante el proceso Mannesmann fue no menos de cinco, respectivamente. Con respecto a cada cañería sin costura fabricada, la presencia o ausencia de la fase σ que es una fase de fragilidad que tiende a ser generada en la parte de segregación de Mo se verificó para determinar si cada cañería sin costura es aceptada como un producto o no. La cañería sin costura en la cual se detectó la fase σ se definió como no aceptable, y la cañería sin costura en la cual no se detectó la fase σ se definió como aceptable. El método de verificación de la presencia o ausencia de la fase σ es el siguiente. Es decir, se recolectó una muestra de cada cañería sin costura en una dirección (dirección de diámetro) vertical a la dirección del eje, luego se aplicó ataque ácido a la superficie de la muestra, después de eso, la muestra se observó en un microscopio óptico. Si la relación de rechazo de las cañerías sin costura que se fabricaron es inferior al 10 %, se puede determinar que la superficie interna de la cañería tiene una buena calidad.

10

[Tabla 1]

Ítem No.	Composición química (% en masa)														Ti	W	Parte restante
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	Al	N	Ti	W	Parte restante			
1	0,110	1,60	0,24	0,016	0,0005	0,10	25,20	37,92	2,17	0,130	0,060	-	-	Fe e impurezas			
2	0,098	1,51	0,27	0,028	0,0037	0,71	25,11	37,09	1,52	0,221	0,119	-	-	Fe e impurezas			
3	0,009	1,11	0,29	0,037	0,0008	0,42	25,45	37,12	2,25	0,084	0,083	-	-	Fe e impurezas			
4	0,220	1,56	0,34	0,021	0,0023	0,10	32,60	37,24	4,25	0,013	0,107	-	-	Fe e impurezas			
5	0,008	0,34	0,59	0,014	0,0021	0,80	24,08	50,04	6,37	0,067	0,016	0,069	-	Fe e impurezas			
6	0,110	1,60	2,70	0,019	0,0017	0,10	25,20	37,89	9,10	0,013	0,095	-	-	Fe e impurezas			
7	0,011	1,98	0,24	0,016	0,0008	2,11	34,60	36,11	8,23	0,114	0,143	-	-	Fe e impurezas			
8	0,210	0,55	0,59	0,014	0,0010	1,90	18,20	37,54	7,02	0,130	0,179	-	-	Fe e impurezas			
9	0,110	0,78	0,24	0,019	0,0003	0,10	24,97	37,81	3,31	0,167	0,060	-	-	Fe e impurezas			
10	0,018	1,60	0,29	0,0012	0,0012	1,87	31,20	10,35	8,51	0,004	0,083	-	-	Fe e impurezas			
11	0,021	0,91	0,24	0,016	0,0020	0,10	25,13	37,61	2,19	0,240	0,107	-	-	Fe e impurezas			
12	0,019	0,84	0,59	0,012	0,0011	0,91	32,40	35,11	3,33	0,013	0,024	-	-	Fe e impurezas			
13	0,071	0,87	0,24	0,014	0,0009	1,71	25,12	36,12	1,92	0,012	0,095	-	-	Fe e impurezas			
14	0,008	0,34	0,53	0,014	0,0007	0,80	24,08	50,04	6,37	0,067	0,096	0,069	-	Fe e impurezas			
15	0,024	0,80	1,71	0,021	0,0012	1,58	20,20	22,35	2,83	0,075	0,075	0,678	0,050	Fe e impurezas			
16	0,150	0,34	0,24	0,022	0,0006	2,70	12,50	76,40	6,37	0,067	0,040	0,069	-	Fe e impurezas			
17	0,008	0,99	1,59	0,027	0,0017	0,80	24,08	50,04	4,41	0,089	0,080	0,071	-	Fe e impurezas			
18	0,012	1,12	1,91	0,028	0,0021	1,98	23,98	51,45	4,04	0,214	0,056	0,812	-	Fe e impurezas			
19	0,110	1,59	0,53	0,016	0,0009	0,10	17,20	70,20	7,01	0,013	0,107	-	-	Fe e impurezas			
20	0,008	0,34	0,27	0,016	0,0006	0,80	24,08	50,04	6,37	0,067	0,016	0,069	-	Fe e impurezas			
21	0,024	0,24	0,24	0,021	0,0009	1,58	22,60	39,58	9,20	0,075	0,040	0,678	0,050	Fe e impurezas			
22	0,011	0,23	1,21	0,023	0,0008	2,65	20,20	40,01	2,83	0,098	0,060	0,712	0,400	Fe e impurezas			
23	0,190	0,29	1,85	0,006	0,0012	2,20	15,59	75,73	5,21	0,115	0,066	-	-	Fe e impurezas			
24	0,008	0,34	2,72	0,016	0,0016	0,80	24,08	50,04	6,37	0,067	0,040	0,069	-	Fe e impurezas			
25	0,024	0,24	1,61	0,021	0,0018	1,58	33,20	39,58	2,83	0,075	0,050	0,678	0,050	Fe e impurezas			
26	0,087	1,11	0,24	0,031	0,0015	0,64	20,20	55,78	4,32	0,054	0,035	0,678	0,050	Fe e impurezas			
27	0,110	1,60	2,01	0,032	0,0022	0,69	25,19	37,86	2,14	0,013	0,107	-	-	Fe e impurezas			
28	0,008	0,34	0,59	0,016	0,0027	0,80	24,08	50,04	6,37	0,067	0,016	0,069	-	Fe e impurezas			
29	0,024	0,24	0,53	0,021	0,0017	1,58	15,40	62,79	2,83	0,074	0,040	0,678	0,050	Fe e impurezas			
30	0,110	1,60	0,24	0,016	0,0023	0,10	25,20	37,77	2,21	0,016	0,143	-	-	Fe e impurezas			
31	0,101	1,47	0,75	0,014	0,0013	0,83	25,11	24,52	2,46	0,112	0,179	-	-	Fe e impurezas			
32	0,019	0,31	0,24	0,022	0,0011	1,60	25,88	37,08	2,10	0,215	0,060	-	-	Fe e impurezas			
33	0,021	1,20	0,88	0,029	0,0023	1,11	32,40	37,54	4,45	0,021	0,119	-	-	Fe e impurezas			
34	0,034	1,47	0,24	0,016	0,0031	2,23	25,26	37,22	3,14	0,045	0,083	-	-	Fe e impurezas			
35	0,210	0,24	1,71	0,021	0,0012	1,58	20,20	39,58	2,83	0,072	0,045	0,678	0,050	Fe e impurezas			
36	0,110	1,51	0,24	0,016	0,0045*	0,10	31,49	37,07	1,98	0,018	0,024	-	-	Fe e impurezas			
37	0,008	0,34	2,50	0,014	0,0012	0,80	24,08	50,04	6,37	0,067	0,064	0,069	-	Fe e impurezas			
38	0,009	0,32	1,60	0,025	0,0009	0,79	24,00	50,13	6,39	0,109	0,108	0,083	0,040	Fe e impurezas			
39	0,022	0,26	1,80	0,019	0,0012	1,75	20,98	39,70	2,89	0,064	0,090	0,667	0,050	Fe e impurezas			

[Tabla 2]

Ítem No.	Método de fundición	Relación w/h del molde de fundición	Método de formación	Temperatura de reacción (°C)	Tiempo de reacción (h)	Relación total laminado total	Relación de forjado de Relación total	Resto de craqueo del centro de la palanquilla	Grado de segregación Mo de la palanquilla	Relación de rechazo de la cañería sin costura (%)
1	Fundición continua	1,1	Forjado	1250	9	3,4		Ninguno	0,16	5,0
2	Fundición continua	1,1	Forjado	1250	12	4,1		Ninguno	0,14	4,5
3	Fundición continua	1,1	Forjado	1270	12	4,1		Ninguno	0,13	4,0
4	Fundición continua	1,3	Forjado	1270	9	7,8		Ninguno	0,15	4,5
5	Fundición continua	1,3	Forjado	1290	16	4,8		Ninguno	0,07	1,0
6	Fundición continua	1,3	Forjado	1250	12	7,8		Ninguno	0,16	5,0
7	Fundición continua	1,5	Forjado	1270	9	5,5		Ninguno	0,12	4,0
8	Fundición continua	1,5	Forjado	1290	9	9,0		Ninguno	0,11	2,0
9	Fundición continua	1,5	Forjado	1250	12	5,5		Ninguno	0,15	4,5
10	Fundición continua	1,7	Forjado	1250	9	6,2		Ninguno	0,16	1,5
11	Fundición continua	1,7	Forjado	1290	9	10,1		Ninguno	0,11	2,0
12	Fundición continua	1,6	Forjado	1250	24	5,5		Ninguno	0,12	3,0
13	Fundición continua	1,9	Forjado	1250	9	6,3		Ninguno	0,17	10,0
14	Fundición continua	1,9	Forjado	1290	12	6,3		Ninguno	0,14	9,0
15	Fundición continua	1,9	Forjado	1250	16	6,4		Ninguno	0,18	9,5
16	Fundición continua	1,1	Laminado	1270	30	3,4		Ninguno	0,14	4,5
17	Fundición continua	1,1	Laminado	1250	30	4,1		Ninguno	0,12	2,5
18	Fundición continua	1,3	Laminado	1290	30	4,8		Ninguno	0,08	0,5
19	Fundición continua	1,3	Laminado	1250	24	4,8		Ninguno	0,14	5,5

20	Fundición continua	1,3	Laminado	1270	24	7,8	Ninguno	0,12	4,5
21	Fundición continua	1,3	Laminado	1290	30	7,4	Ninguno	0,09	1,5
22	Fundición continua	1,5	Laminado	1290	30	5,5	Ninguno	0,08	3,0
23	Fundición continua	1,5	Laminado	1290	36	5,5	Ninguno	0,04	0,5
24	Fundición continua	1,5	Laminado	1250	16	9,0	Ninguno	0,20	9,5
25	Fundición continua	1,5	Laminado	1270	36	9,0	Ninguno	0,07	3,0
26	Fundición continua	1,7	Laminado	1270	36	6,2	Ninguno	0,09	2,0
27	Fundición continua	1,7	Laminado	1250	24	10,1	Ninguno	0,18	4,5
28	Fundición continua	1,7	Laminado	1270	30	10,1	Ninguno	0,09	1,5
29	Fundición continua	1,9	Laminado	1290	36	6,2	Ninguno	0,18	9,5
30	Fundición continua	1,9	Laminado	1270	24	6,3	Ninguno	0,16	8,0
31	Fundición continua	1,9	Laminado	1290	24	11,4	Ninguno	0,19	8,8
32	Fundición continua	2,1*	Forjado	1270	12	7,4	Ninguno	0,26*	34,2
33	Fundición continua	2,3*	Forjado	1250	9	2,4	Resto	0,29*	81,1
34	Fundición continua	2,3*	Forjado	1270	16	8,2	Ninguno	0,24*	21,5
35	Fundición continua	2,1*	Laminado	1250	36	4,8	Ninguno	0,22*	17,5
36	Fundición continua	2,3*	Laminado	1270	24	4,0	Ninguno	0,26*	37,6
37	Fundición continua	2,3*	Laminado	1250	30	2,9	Resto	0,25*	49,2
38	Lingote *	1,0	Forjado	1290	24	8,0	Ninguno	0,09	0,5
39	Lingote *	1,0	Laminado	1250	24	8,0	Ninguno	0,07	1,6

La figura 3 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre la relación de aspecto w/h del molde de fundición y el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda en un caso donde se emplea el forjado como el método de formación. Puede verse a partir de la figura 3 que cuando la relación de aspecto w/h del molde de fundición no fue más de 2,0, el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda se redujo a no más de 0,20.

5 La figura 4 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre la relación de aspecto w/h de un molde de fundición y el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda en un caso donde se emplea el laminado como un método de formación. De la misma manera, puede verse a partir de la figura 4 que cuando la relación de aspecto w/h del molde de fundición no fue más de 2,0, el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda se redujo a no más de 0,20.

10 La figura 5 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda que se forma por el forjado y la relación de rechazo de las cañerías sin costura. Puede verse a partir de la figura 5 que cuando el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda fue más de 0,20, la relación de rechazo de las cañerías sin costura se redujo a no más del 10%. Además, de acuerdo con la figura 5, en los ejemplos en los cuales el grado de segregación de Mo fue no más de 0,20, la relación de aspecto w/h del molde de fundición fue 1,0 o más y 2,0 o menos.

La figura 6 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda que se forma por el laminado y la relación de rechazo de las cañerías sin costura. Puede verse a partir de la figura 6 que cuando el grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda fue más de 0,20, la relación de rechazo de las cañerías sin costura se redujo a no más del 10 %. Además, de acuerdo con la figura 6, en los ejemplos en los cuales el grado de segregación de Mo fue no más de 0,20, la relación de aspecto w/h del molde de fundición fue 1,0 o más y 2,0 o menos.

Puede verse a partir de las figuras 3 a 6, en un caso donde la relación de aspecto w/h del molde de fundición que se utiliza para la fundición continua fue 1,0 o más y 2,0 o menos, la relación de rechazo de las cañerías sin costura se redujo a no más del 10 %. Específicamente, cuando la relación de aspecto w/h del molde de fundición que se utiliza para la fundición continua fue 1,0 o más y 1,7 o menos, la relación de rechazo de las cañerías sin costura se redujo a aproximadamente no más del 5 %.

La figura 7 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre el tiempo de reacción de la palanquilla rectangular antes del forjado y la relación de rechazo de las cañerías sin costura en un caso donde la relación de aspecto w/h del molde de fundición que se utilizó para la fundición continua fue 1,0 o más y 1,7 o menos, y el método de formación fue el forjado. Cuando el tiempo de reacción de la palanquilla rectangular antes del forjado fue no inferior a 9 horas, la relación de rechazo de las cañerías sin costura fue no más del 5 %.

La figura 8 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre el tiempo de reacción de la palanquilla rectangular antes del laminado y la relación de rechazo de las cañerías sin costura en un caso donde la relación de aspecto w/h del molde de fundición que se utilizó para la fundición continua fue 1,0 o más y 1,7 o menos, y el método de formación fue el laminado. Cuando el tiempo de reacción de la palanquilla rectangular antes del laminado fue no inferior a 24 horas, la relación de rechazo de las cañerías sin costura fue no más del 5 %.

Como se muestra en las tablas 1 y 2, cuando las cañerías sin costura se fabricaron a partir de las palanquillas redondas que se fabricaron mediante el método de fabricación dentro del alcance de la presente invención (ítems 1 a 31), la superficie interna de cada una de las cañerías sin costura que se obtuvo tiene una buena calidad.

40 Por otro lado, en los ítems 32 a 37 en los cuales una de la relación de aspecto w/h del molde de fundición y la composición química del acero fundido, o ambas no estuvieron dentro del alcance de la presente invención, cada relación de rechazo de las cañerías sin costura fue más del 10 %. Además, con respecto a los ítems 38 y 39, si bien se obtuvieron buenos resultados, dado que el método de fundición fue el método de fundición en lingotes, es inevitable que sean inferior al método de fabricación de la presente invención en costo y productividad.

45 Descripción de los números de referencia

- S1 método de fabricación para la palanquilla redonda de aleación alta con contenido de Ni.
- S11 paso de preparación del acero fundido.
- S12 paso de fundición continua
- S13 paso de formación
- 50 S131 paso de calentamiento
- S132 paso de reacción
- S133 paso de forjado/laminado

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar una palanquilla redonda de aleación alta que contiene níquel, el método comprende los pasos de:
- 5 fundir de manera continua un acero fundido por medio de un molde de fundición, obteniendo, de este modo, una palanquilla rectangular; y
- formar la palanquilla rectangular en una palanquilla redonda mediante el forjado o laminado,
- en donde el molde de fundición tiene una forma tal que una relación w/h entre la extensión del lateral largo (w) y la extensión del lateral corto (h) de una sección transversal de la palanquilla rectangular es de 1,0 a 2,0 y la sección transversal es perpendicular a la dirección de fundición de la palanquilla rectangular;
- 10 en donde el paso de formación incluye reaccionar la palanquilla rectangular a 1200 hasta 1300 °C antes del forjado y el laminado; y
- el tiempo de reacción de la palanquilla rectangular en el paso de reacción es no inferior a 9 horas, donde la formación se lleva a cabo mediante forjado, y es no inferior a 24 horas donde la formación se lleva a cabo mediante laminado;
- la composición química del acero fundido es:
- 15 C: 0,005 a 0,250 % en masa,
Si: 0,05 a 2,00% en masa,
Mn: 0,05 a 3,00 % en masa,
P: no más de 0,04 % en masa,
S: no más de 0,004 % en masa,
- 20 Cu: 0,01 a 3,00 % en masa,
Cr: 10 a 35% en masa,
Ni: 10 a 80 % en masa,
Mo: 1,5 a 10,0 % en masa,
Al: 0,001 a 0,300 % en masa,
- 25 N: 0,001 a 0,300 % en masa,
W: 0,00 a 6,00 % en masa,
Ti: 0,00 a 2,00 % en masa, y
- el resto: Fe e impurezas;
- un grado de segregación de Mo de la palanquilla redonda es no más de 0,20; y
- 30 el grado de segregación de Mo es una relación $((C_{Mo}^1 - C_{Mo}) / C_{Mo})$ de una diferencia $(C_{Mo}^1 - C_{Mo})$ entre la concentración de Mo en el centro axial de la palanquilla redonda (C_{Mo}^1) y la concentración de Mo en el acero fundido (C_{Mo}) a la concentración de Mo en el acero fundido (C_{Mo}).
2. El método para fabricar una palanquilla redonda de aleación alta con contenido de níquel de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la relación w/h es de 1,0 a 1,7.
- 35 3. El método para fabricar una palanquilla redonda de aleación alta que contiene níquel, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la composición química del acero fundido contiene: W: 0,01 a 6,00 % en masa.
4. El método para fabricar una palanquilla redonda de aleación alta que contiene níquel, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la composición química del acero fundido contiene: Ti: 0,05 a 2,00 % en masa.
- 40 5. El método para fabricar una palanquilla redonda de aleación alta que contiene níquel, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde una relación (A/B) de la sección transversal de la palanquilla rectangular antes del paso de formación (A) y una sección transversal de la palanquilla redonda después del paso de formación (B) es de 2,5 hasta 12,0.

Fig. 1

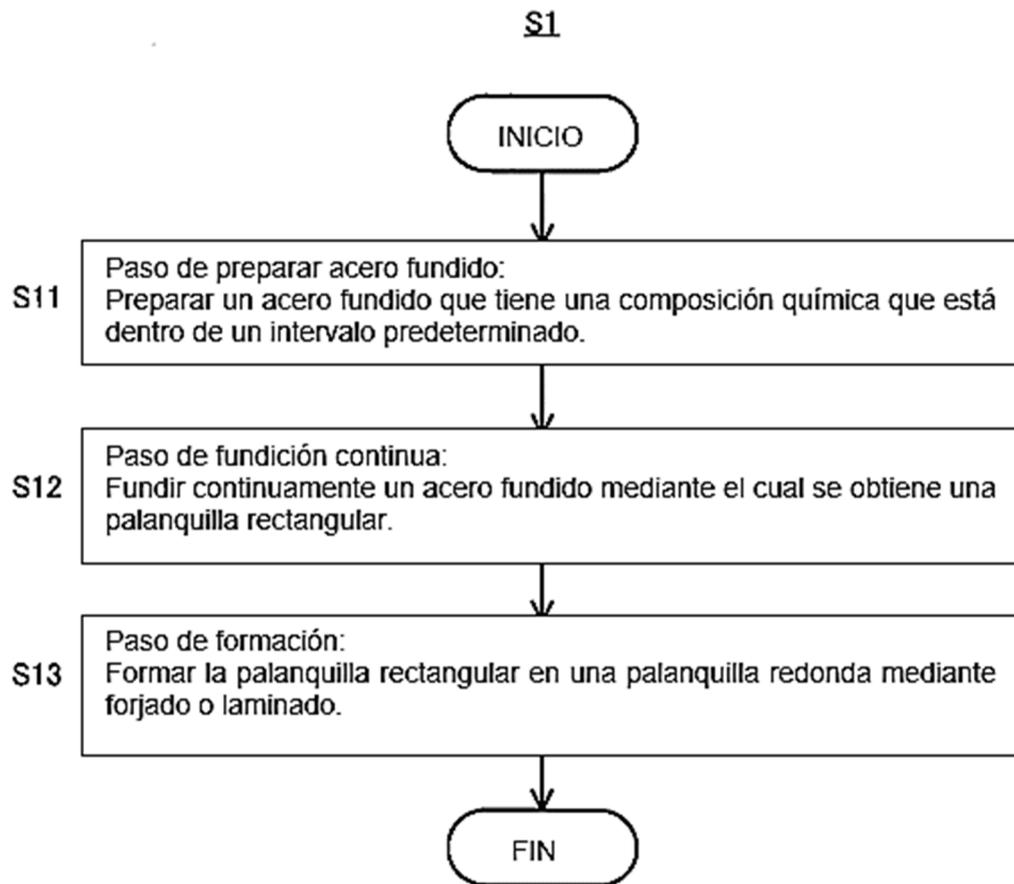


Fig. 2

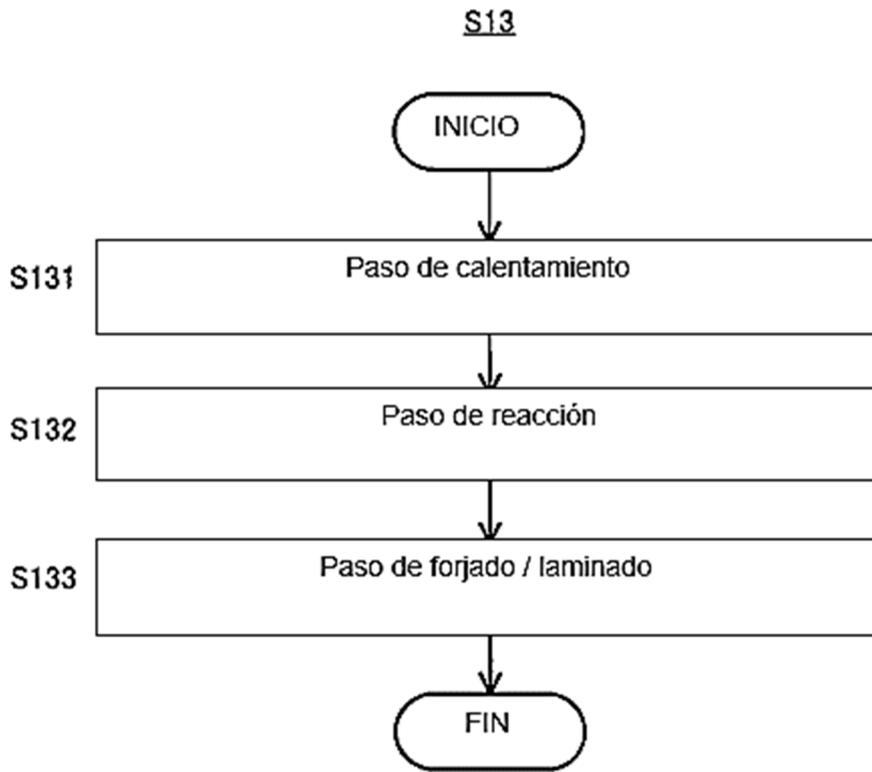


Fig. 3

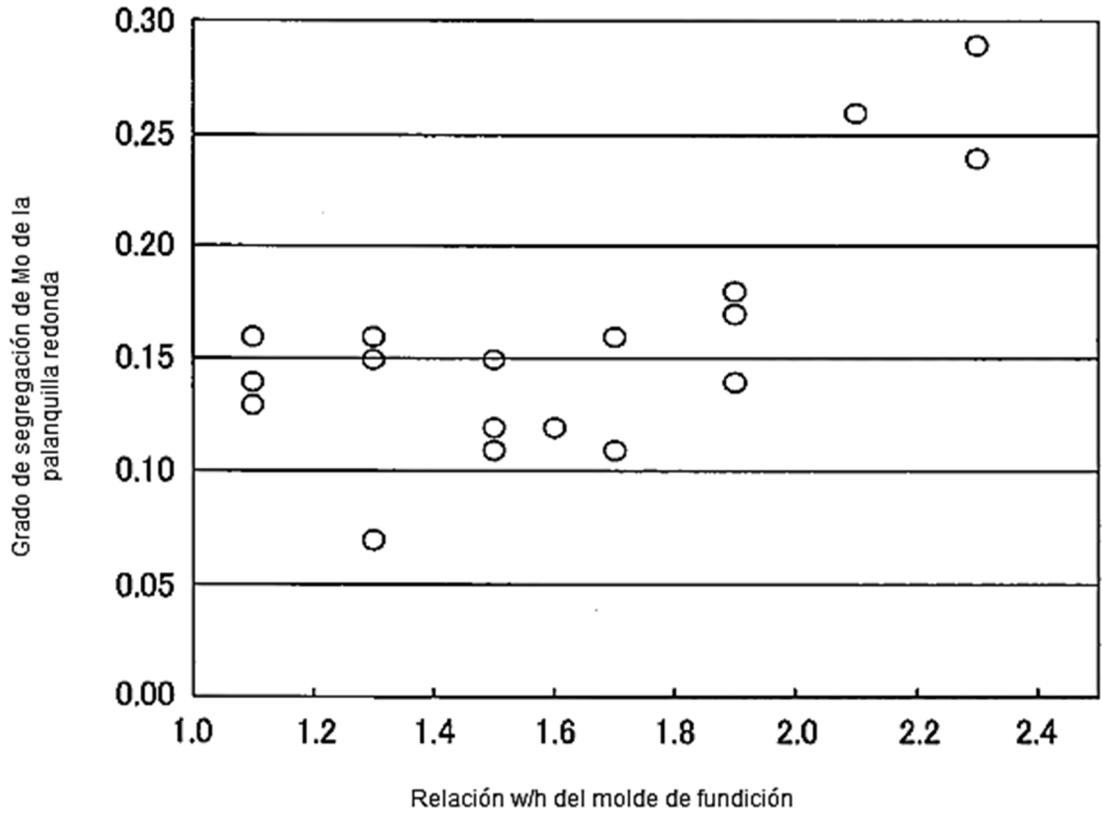


Fig. 4

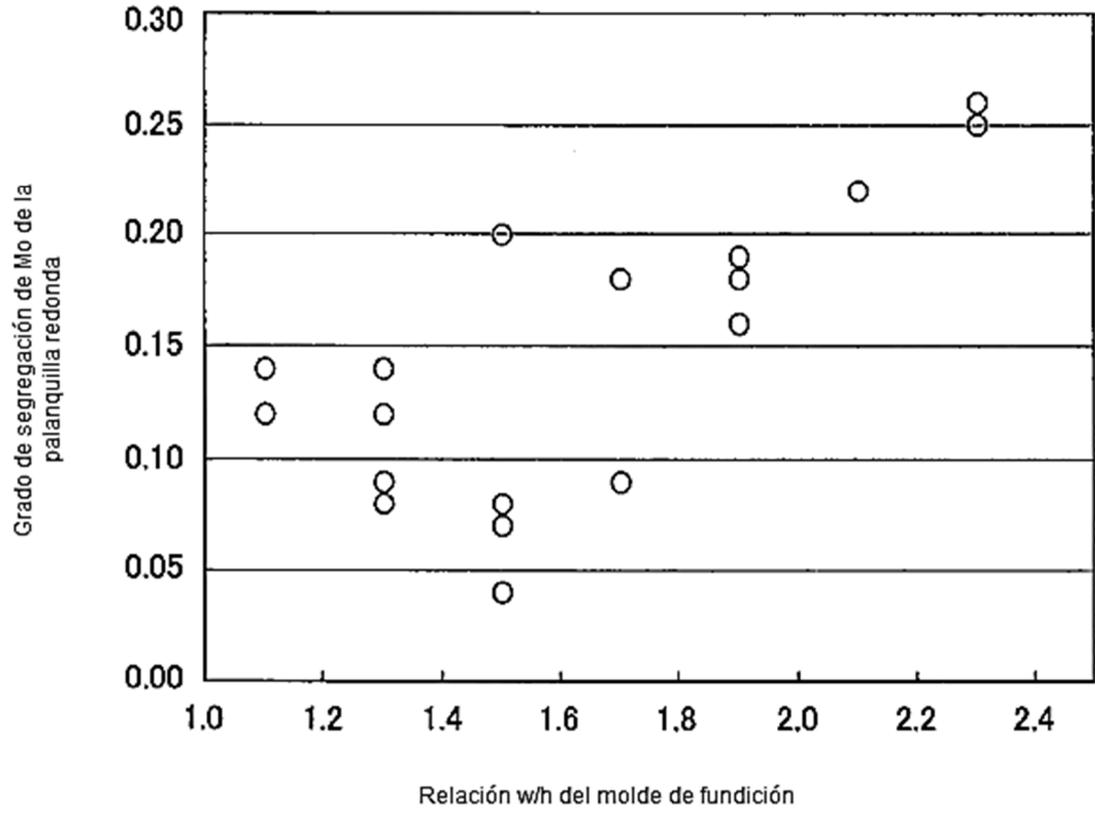


Fig. 5

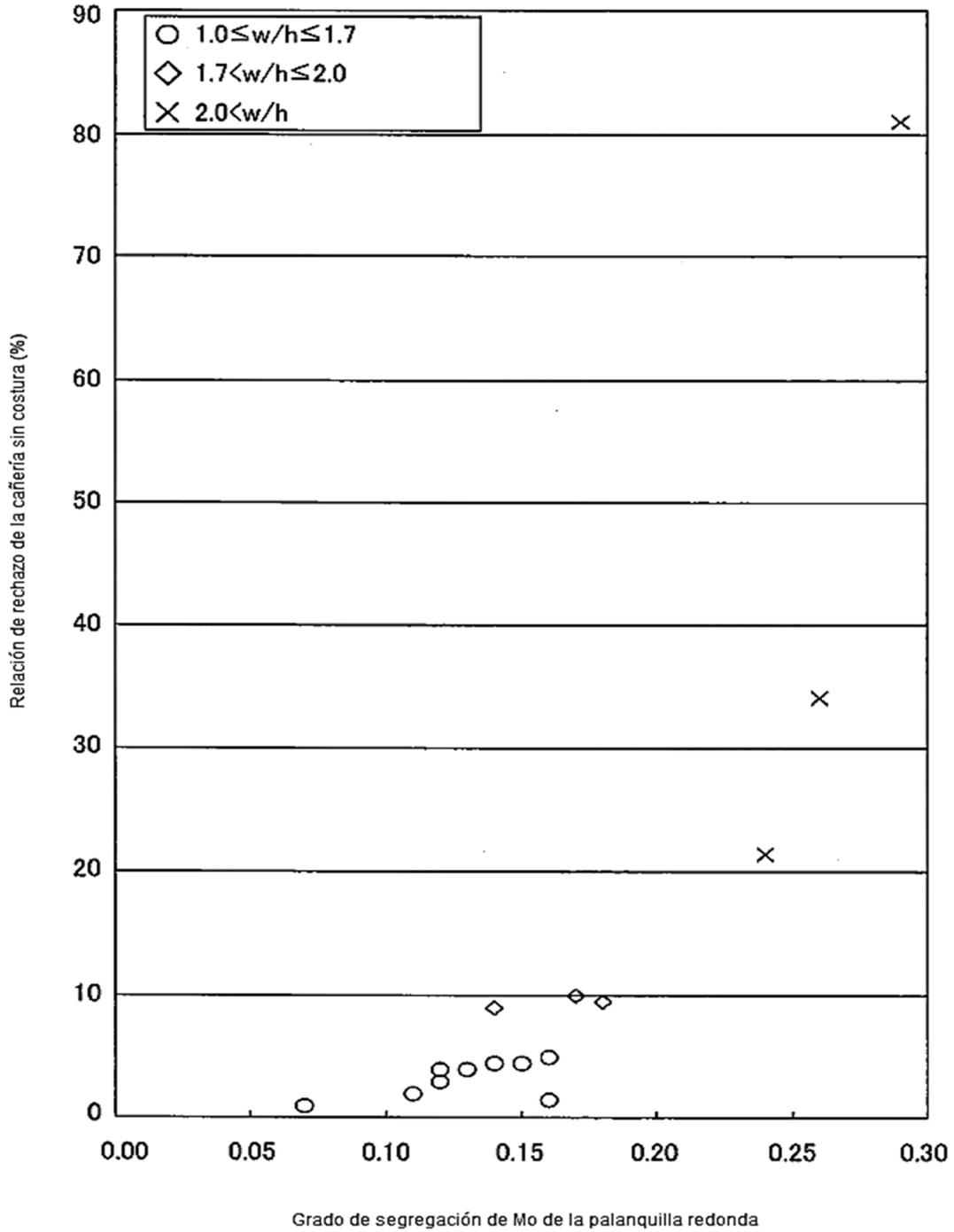


Fig. 6

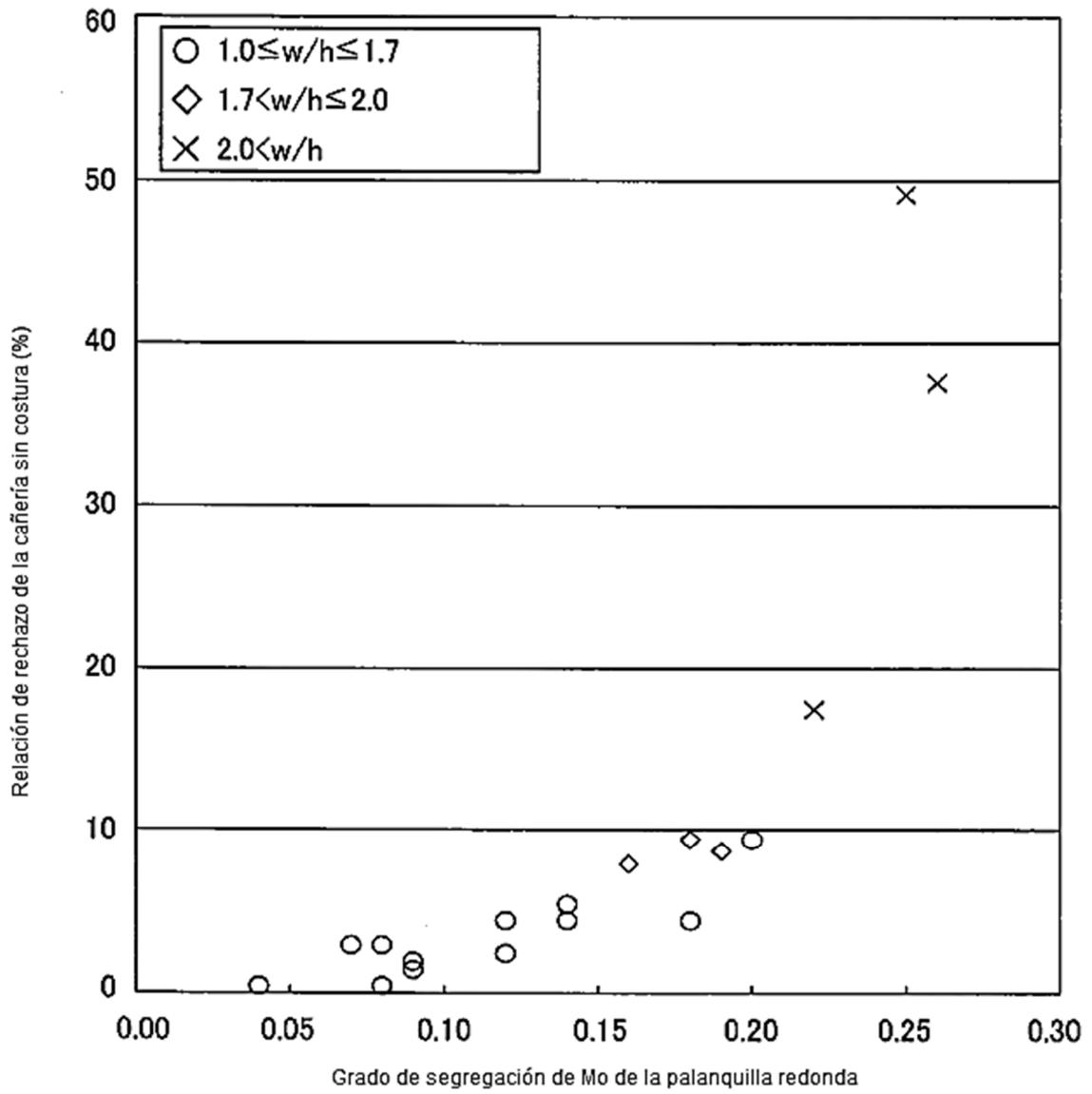


Fig. 7

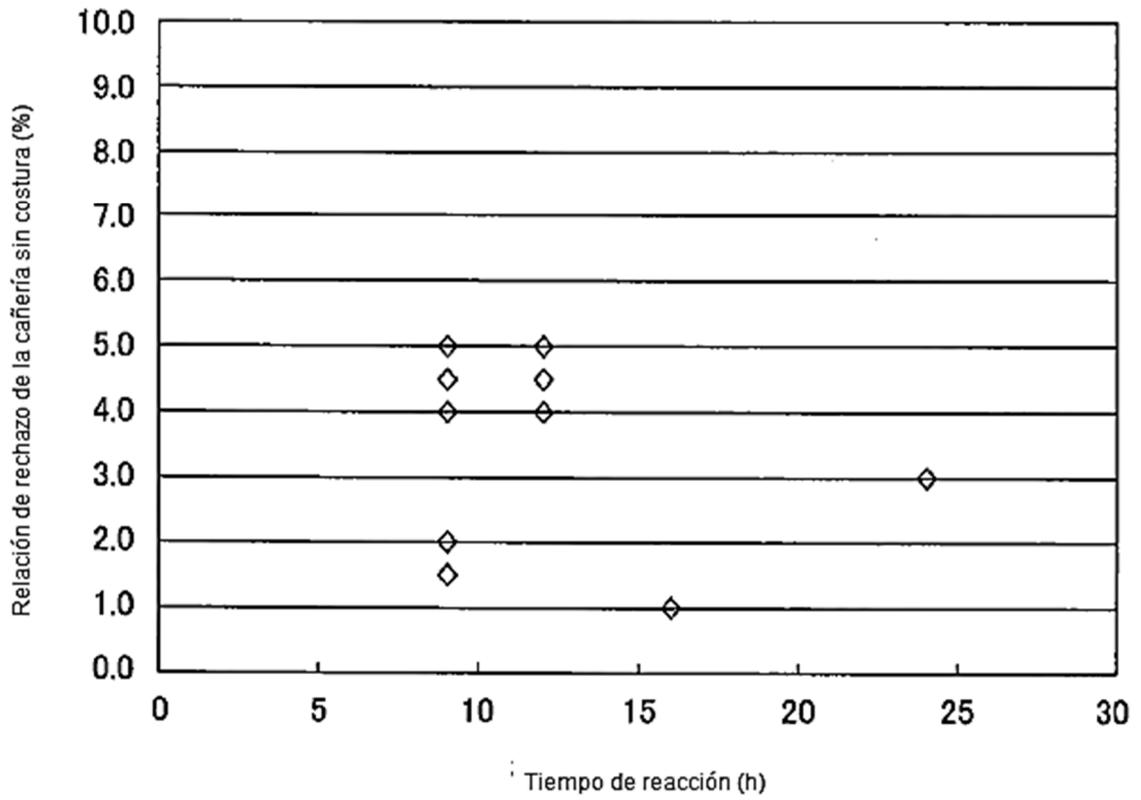


Fig. 8

