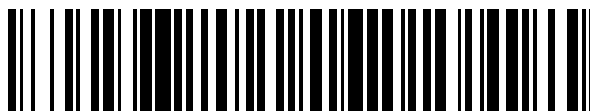


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 179**

51 Int. Cl.:

B21C 23/08 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.02.2010 PCT/JP2010/052015**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.08.2010 WO10093000**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2010 E 10741277 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 2397241**

54 Título: **Procedimiento de producción de tubo sin soldaduras**

30 Prioridad:

13.02.2009 JP 2009031404

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

11.09.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HARADA KOUICHI y
YAMAKAWA TOMIO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 632 179 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 tubo sin soldaduras

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de un tubo sin soldaduras, que usa un procedimiento de fabricación de tubos por extrusión en caliente. Más particularmente, la presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de un tubo sin soldadura, que es adecuado cuando se usa una materia prima a ser extrudida que tenga baja deformabilidad a altas temperaturas.

Técnica antecedente

10 En los últimos años, en el transcurso de la lucha contra el calentamiento global, hay una demanda de plantas de generación de energía de alta capacidad, y se han desarrollado activamente calderas de generación de energía supercríticas con eficiencia ultra alta. También, con la preponderancia del problema del agotamiento del petróleo, el entorno de explotación de petróleo y gas natural se ha convertido en mucho más hostil. En las calderas de generación de energía, pozos de petróleo y pozos de gas, se usa un tubo sin soldaduras que es excelente en resistencia, resistencia a la corrosión, y resistencia al agrietamiento por corrosión. Y la clase de material del tubo sin
15 soldaduras tienden a ser aleaciones altas en Cr y altas en Ni en respuesta a dicho escalado de los requisitos a aplicar.

Debido a la pobre manejabilidad de los materiales altos en Cr y altos en Ni, hay crecientes demandas de tubos sin soldadura producidos mediante un procedimiento de fabricación de tubos por extrusión en caliente, como
20 procedimiento para la producción de tubos a partir de dichos materiales difíciles de trabajar que tienen características tales como una elevada velocidad de trabajo, menor caída de temperatura del material en el procedimiento, y consecución de una alta tasa de reducción. En particular, el procedimiento Ugine-Sejournet caracterizado por la lubricación por vidrio es adecuado para la producción de un tubo sin soldaduras a partir de un material difícil de trabajar.

La FIG. 1 es una vista en sección para ilustrar el procedimiento de fabricación de tubos por extrusión en caliente para la fabricación de un tubo sin soldaduras mediante el uso del procedimiento Ugine-Sejournet. Como se muestra
25 en la FIG. 1, en el procedimiento Ugine-Sejournet, un material 8 de partida hueco a ser extrudido (de aquí en adelante, también denominado como un "lingote") con un orificio pasante formado a lo largo de la línea central axial del mismo se calienta, y el lingote 8 calentado a una temperatura predeterminada se aloja en un contenedor 6. Posteriormente, con una barra de mandril 3 insertada en el centro axial de lingote 8, el lingote 8 se extrude a través
30 de un bloque 7 suplementario mediante el movimiento (en la dirección indicada por la flecha blanca en la FIG. 1) de un vástago junto con un pistón, no mostrado, que es accionado para producir un tubo extrudido para convertirlo en un tubo sin soldaduras.

En este momento, un troquel 2 sujeto por un portador 4 del troquel y un apoyo 5 de troquel se dispone en el extremo frontal del contenedor 6, y el lingote 8 se extrude en la dirección del movimiento del vástago a través de un espacio
35 anular formado por la superficie interior del troquel 2 y la superficie exterior de la barra 3 de mandril para formar un tubo extrudido que tenga un diámetro exterior y espesor de pared deseados.

En el procedimiento Ugine-Sejournet, se usa vidrio como lubricante. Antes de que se aloje el lingote 8 en el contenedor 6, se proporciona polvo de vidrio sobre la superficie exterior y la superficie interior del lingote 8 calentado para formar una película de vidrio fundido. Esta película de vidrio lubrica entre el lingote 8 y el contenedor 6 así
40 como entre el lingote 8 y la barra 3 del mandril.

Además, se monta un disco 1 de vidrio conformado con forma anular mediante la mezcla de polvo de vidrio con fibra de vidrio y vidrio soluble entre el lingote 8 y el troquel 2. Este disco 1 de vidrio se funde gradualmente en el procedimiento de extrusión por el calor retenido por el lingote 8, y lubrica entre el lingote 8 y el troquel 2.

45 En el procedimiento de fabricación de tubos por extrusión en caliente descrito anteriormente, la temperatura del lingote durante la extrusión depende de la temperatura de calentamiento del lingote, la disipación de calor provocada por la transferencia de calor a las herramientas (contenedor, barra del mandril, y troquel), y la generación de calor asociada con la deformación plástica. Si la disipación de calor del lingote es significativa, la temperatura del lingote disminuye, y se incrementa la resistencia a la deformación, de modo que la carga impuesta al equipo de fabricación del tubo se hace excesiva, lo que puede dar como resultado una extrusión incompleta y por ello puede convertirse
50 en un obstáculo en términos de operación y rendimiento. Si se incrementa excesivamente la temperatura de calentamiento del lingote para evitar el problema, tienen lugar defectos sobre el tubo extrudido debido a la disminución hacia una zona de baja ductilidad en la zona de alta temperatura, y el rendimiento disminuye por productos defectuosos. En particular, sobre la superficie exterior de la parte superior (la parte del frente de la extrusión) de un tubo extrudido, tienden a aparecer defectos en una dirección transversal, que se denomina un
55 defecto transversal/lateral.

En general, los materiales altos en Cr y altos en Ni tienen una elevada resistencia a la deformación, y las

- temperaturas que presentan una buena ductilidad de alta temperatura (la temperatura la que la resolución del área es el 90 % o más en el ensayo de tracción a alta temperatura) son bajas, y el intervalo de temperatura es estrecho, de modo que la deformabilidad es baja a altas temperaturas. Por lo tanto, en la extrusión en caliente usando materiales altos en Cr y altos en Ni como material de partida a ser extrudido, se hacen significativos los obstáculos en términos de operación y rendimiento provocados por la falta de finalización de la extrusión y la disminución en el rendimiento provocada por los defectos del tubo extrudido. Por lo tanto, para producir un tubo extrudido de alta calidad mediante el uso de un lingote que tenga baja deformabilidad a altas temperaturas, es necesario detectar la temperatura de disminución de la ductilidad en la zona de alta temperatura y también tener en consideración el calor provocado en el procesamiento.
- 5
- 10 Como un procedimiento para asegurar la calidad del tubo extrudido, por ejemplo, las bibliografías de patente 1 y 2 desvelan un procedimiento para extrudir un material metálico, en las que se define una expresión condicional basada en la temperatura del contenedor, y se realiza la extrusión de modo que la temperatura del tubo extrudido permanezca constante.
- 15 El documento JP 2004 174536 A describe un procedimiento de fabricación por extrusión en caliente para un tubo metálico usando un lubricante frontal que consiste en vidrio de alta viscosidad, y un lubricante superficial exterior que consiste en un vidrio de baja viscosidad.

Lista de citaciones

Bibliografía de patente

- 20 Bibliografía de patente 1: Publicación de Solicitud de Patente Japonesa N.º 2002-192222
 Bibliografía de patente 2: Publicación de Solicitud de Patente Japonesa N.º 2005-219123

Sumario de la invención

Problema técnico

- 25 En el procedimiento de extrusión desvelado en las Bibliografías de Patente 1 y 2, es difícil en la práctica controlar la temperatura del contenedor siempre cambiante, y este procedimiento tienen una desventaja en que la expresión condicional no puede definirse a menos que se capten las características físicas para cada clase de material a ser trabajado.

- 30 La extrusión usando los materiales altos en Cr y altos en Ni anteriormente descritos como material de partida a ser extrudido se realiza a la velocidad de pistón de 50 mm/s o más y a la temperatura del calentamiento del lingote de 1000 °C o más. Por otro lado, la extrusión desvelada en las Bibliografías de Patente 1 y 2 se realiza mediante el uso de aluminio o sus aleaciones y con una velocidad del pistón de meramente 10 mm/s o menos y a una temperatura de calentamiento del lingote tan baja como aproximadamente 600 °C. Esto es, la extrusión usando los materiales altos en Cr y altos en Ni como material de partida a ser extrudido se realiza bajo condiciones de extrusión significativamente diferentes de la extrusión desvelada en las Bibliografías de Patente 1 o 2, que se realiza bajo una condición tremendamente severa.

- 35 Cuando se extruden en caliente los materiales altos en Cr y altos en Ni anteriormente descritos, el vidrio lubricante específico del procedimiento Ugine-Sejourmet puede estar claramente implicado como una causa de los defectos transversales sobre la superficie exterior del tubo. La razón es que dado que el vidrio lubricante tiene una conductividad térmica que es de dos órdenes de magnitud más baja que la del lingote y de las herramientas en contacto con el vidrio lubricante, la temperatura del lingote puede variar dependiendo de la presencia o ausencia del vidrio lubricante. Por su lado, en el procedimiento de extrusión desvelado en las Bibliografías de Patente 1 y 2, el lubricante no se considera en absoluto. Por lo tanto, el procedimiento de extrusión desvelado en las Bibliografías de Patente 1 y 2 no puede ser una tecnología para impedir un defecto transversal sobre la superficie exterior en la parte superior del tubo.
- 40

- 45 La presente invención se ha realizado para resolver los problemas anteriores, y en consecuencia un objeto de la misma es proporcionar un procedimiento para producir un tubo sin soldaduras, que sea capaz de impedir un defecto transversal sobre la superficie exterior en la parte superior del tubo incluso en el caso de que se realice extrusión en caliente usando un lingote que tenga baja deformabilidad a altas temperaturas, tal como unos materiales altos en Cr y altos en Ni.

Solución al problema

- 50 Para conseguir el objeto anterior, los presentes inventores investigaron el comportamiento a la deformación y distribución de temperatura del material de partida a ser extrudido durante la extrusión, y realizaron con seriedad estudios repetidamente. Como resultado, los presentes inventores descubrieron que los defectos transversales sobre la superficie exterior en la parte superior de un tubo se provocaban por el fenómeno de que la temperatura superficial del tubo extrudido se hace más alta que la temperatura de calentamiento en la etapa inicial de extrusión tanto por la acción adiabática de un vidrio lubricante sólido proporcionado entre el material de partida a ser extrudido
- 55

y el troquel como por el calor provocado en el procesamiento del material de partida a ser extrudido en sí mismo. Esto es, los presentes inventores obtuvieron un descubrimiento en que cuando un material que tiene una baja deformabilidad a altas temperaturas se extrude en caliente, la cantidad de calor provocado por el procedimiento puede predecirse cuantitativamente y la temperatura de calentamiento del material de partida a ser extrudido puede controlarse dependiendo del diámetro exterior del material de partida a ser extrudido para impedir un defecto transversal sin un transitorio excesivo de la temperatura superficial del tubo extrudido.

La presente invención se completó basándose en el descubrimiento anteriormente descrito, y el punto esencial del mismo es un procedimiento para la producción de un tubo sin soldaduras, en el que cuando se extrude en caliente un material de partida hueco a ser extrudido proporcionando un vidrio lubricante sólido entre el material de partida a ser extrudido y un troquel después de que se haya calentado el material de partida hueco, el material de partida se extrude en caliente siendo calentado a una temperatura T [°C] de calentamiento que satisface la relación de la fórmula (1) o la fórmula (2) dependiendo del diámetro exterior d_0 [mm] del mismo. Cuando $d_0 < 200$:

$$T \leq 1250 + 1,1487 \times A - 7,838 \times \ln(t_0/t) - 10,135 \times \ln(d_0/d) \dots (1)$$

Cuando $d_0 \geq 200$:

$$T \leq 1219 + 1,1487 \times A - 7,838 \times \ln(t_0/t) - 10,135 \times \ln(d_0/d) \dots (2)$$

En las que A en las fórmulas (1) y (2) se determina mediante la fórmula (3).

$$A = L/V_{av} \times 1000 \dots (3)$$

en la que V_{av} en la fórmula (3) se determina mediante la fórmula (4).

$$V_{av} = (V_0 + V_0 \times \rho) / 2 \dots (4)$$

en la que ρ en la fórmula (4) se determina mediante la fórmula (5).

$$\rho = (t_0 \times (d_0 - t_0) \times \pi) / (t \times (d - t) \times \pi) \dots (5)$$

en las que los símbolos en las fórmulas (1) a (5) indican lo siguiente:

d_0 : diámetro exterior del material de partida a ser extrudido [mm]

t_0 : espesor de la pared del material de partida a ser extrudido [mm]

d: diámetro exterior del tubo extrudido [mm]

t: espesor de la pared del tubo extrudido [mm]

A: tiempo de paso por el troquel [ms (milisegundos)]

L: longitud de la parte de aproximación a lo largo de la dirección de extrusión desde su extremo de entrada al extremo de entrada de la siguiente parte de apoyo [mm]

V_{av} : velocidad de extrusión promedio del material de partida a ser extrudido [mm/s]

V_0 : velocidad del pistón [mm/s]

ρ : relación de extrusión.

En el procedimiento de producción anteriormente descrito, se usa como el material de partida a ser extrudido un material que contenga, en tanto por ciento en masa, Cr: 15 a 35 % y Ni: 3 a 50 %.

También, en el procedimiento de producción anteriormente descrito, el espesor promedio del vidrio lubricante sólido es preferentemente de 6 mm o más.

Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con el procedimiento para la producción de un tubo sin soldaduras de acuerdo con la presente invención, cuando se realiza la extrusión en caliente mediante el uso de un material de partida a ser extrudido que tiene una baja deformabilidad a altas temperaturas, tal como materiales altos en Cr y altos en Ni, el material de partida a ser extrudido se calienta a la temperatura de calentamiento que satisface una expresión condicional teniendo en cuenta la cantidad de calor provocado por el procesamiento dependiendo del diámetro exterior del material de partida a ser extrudido, en el que puede asegurarse la temperatura que presenta una buena ductilidad a alta temperatura, y puede impedirse un defecto transversal sobre la superficie exterior en la parte superior de un tubo extrudido sin un transitorio excesivo de la temperatura superficial del tubo extrudido en la etapa inicial de extrusión.

Breve descripción de los dibujos

[FIG. 1] la FIG. 1 es una vista en sección para la ilustración de un procedimiento de fabricación de tubos por extrusión en caliente para un tubo sin soldadura usando el procedimiento Ugine-Sejournet.

[FIG. 2] la FIG. 2 es una vista esquemática que muestra el comportamiento a la deformación de un material de partida a ser extrudido en el procedimiento Ugine-Sejournet, mostrándolo la FIG. 2(a) justamente antes de que

se inicie la extrusión, y mostrando la FIG. 2(b) la etapa inicial de extrusión.

[FIG. 3] la FIG. 3 es un diagrama para la ilustración del efecto sobre el defecto superficial exterior de un tubo extrudido por el espesor promedio de un disco de vidrio.

Descripción de realizaciones

5 El procedimiento de producción de acuerdo con la presente invención es un procedimiento para la producción de un tubo sin soldaduras en el que, como se ha descrito anteriormente, cuando se extrude en caliente un material de partida hueco para extrusión proporcionando un vidrio lubricante sólido entre el material de partida y un troquel después de que se haya calentado el material de partida hueco, el material de partida se extrude en caliente siendo calentado a una temperatura T [°C] de calentamiento que satisface la relación de la fórmula (1) o la fórmula (2) dependiendo del diámetro exterior d_0 [mm] del mismo. Se explican en el presente documento a continuación las razones por la que el procedimiento de producción de la presente invención se define tal como se ha descrito anteriormente, y los modos preferidos del procedimiento de producción.

1. Temperatura de calentamiento del material de partida a ser extrudido

15 Para hallar una causa para los defectos transversales sobre la superficie exterior en la parte superior del tubo, se investigaron el comportamiento a la deformación del material de partida a ser extrudido en el procedimiento Ugine-Sejournet y la distribución de temperatura del material de partida durante la extrusión basándose en el comportamiento a la deformación del mismo mediante el uso de un análisis FEM bidimensional. En el análisis FEM, se usó como un material de partida a ser extrudido, un acero inoxidable austenítico (SUS347H en la norma JIS) como un ejemplo de material que tiene una baja deformabilidad a altas temperaturas, y se realizó el análisis mediante la variación de modo diverso de las condiciones del diámetro exterior y el espesor de pared del material de partida a ser extrudido, la temperatura de calentamiento del material de partida, y la velocidad del pistón.

1-1 Comportamiento a la deformación del material de partida a ser extrudido

25 La FIG. 2 es una vista esquemática que muestra el comportamiento a la deformación del material de partida a ser extrudido en el procedimiento Ugine-Sejournet, mostrándolo la FIG. 2(a) justamente antes de que se inicie la extrusión, y mostrando la FIG. 2(b) la etapa inicial de la extrusión. En la FIG. 2(b), la dirección en la que se extrude el material de partida (lingote) se indica por flechas blancas.

30 Como se muestra en la FIG. 2(a), un lingote 8 que se haya calentado y alojado en un contenedor 6 se pone en un estado volcado mediante una barra 3 de mandril insertada dentro del lingote 8. A partir de este estado, se acciona un pistón, y la superficie del extremo posterior de lingote 8 se presiona a través de un bloque suplementario por el movimiento de un vástago junto con el pistón que es accionado, mediante lo que se inicia la extrusión. Cuando se inicia la extrusión, el lingote 8 es empujado hacia un troquel 2. En este momento, el lingote 8 se deforma hasta que la superficie exterior del lingote se pone en contacto con la superficie interior del contenedor 6 a través de una película de vidrio, y también el lingote 8 se deforma hasta que la superficie interior del lingote se pone en contacto con la superficie exterior de la barra 3 del mandril a través de la película de vidrio.

35 En este momento, dado que la parte periférica exterior en el extremo frontal del lingote 8 se ha achaflanado por adelantado, la parte achaflanada no se pone en contacto con la superficie interior del contenedor 6. Esto es, en la parte del extremo delantero en el frente del punto de inicio del chaflán indicado por el símbolo "X" en la FIG. 2(a), el lingote 8 no está en contacto con la superficie interior del contenedor 6, y la superficie exterior de la otra parte por detrás del punto de inicio del chaflán X del lingote 8 se pone en contacto con la superficie interior del contenedor 6. Al mismo tiempo, la superficie del extremo delantero de lingote 8 se pone en contacto con el troquel 2 a través de un disco 1 de vidrio formado de vidrio lubricante sólido.

40 Cuando el vástago se mueve sucesivamente, tal como se muestra en la FIG. 2(b), el lingote 8 es empujado y su parte del extremo frontal fluye dentro de un espacio anular entre la superficie interior del troquel 2 y las superficie exterior de la barra 3 del mandril estando interpuesto el disco 1 de vidrio entre el lingote 8 y el troquel 2.

45 Como se muestra en la FIG. 2(a), la superficie interior del troquel 2 comprende una parte de aproximación 2a que tiene un diámetro decreciente y una parte de apoyo 2b que tiene un diámetro constante, a lo largo de la dirección de extrusión. El lingote 8 se forma de modo que tenga un diámetro exterior deseado pasándolo a través de la parte de aproximación 2a y la parte de apoyo 2b sucesivamente, y de ese modo, se forma un tubo extrudido. En este momento, en el intervalo de la longitud L de la parte de aproximación 2a a lo largo de la dirección de extrusión desde su extremo de entrada al extremo de entrada de la parte de apoyo 2b, el lingote 8 se deforma plásticamente de modo brusco, y la tasa de tensiones se hace extremadamente alta.

1-2 Distribución de la temperatura de la pieza de trabajo durante la extrusión

55 Basándose en el comportamiento a la deformación anteriormente descrito, se analizó por FEM la distribución de la temperatura de la pieza de trabajo durante la extrusión, con el resultado de que se obtuvieron los descubrimientos descritos a continuación.

Inmediatamente después del inicio de la extrusión, sobre la superficie exterior del lingote, se aceleró la disipación de calor por la transferencia de calor provocada por el contacto de la superficie exterior del lingote con la superficie interior del contenedor, y tiene lugar una disminución en la temperatura. De modo similar, sobre la superficie interior de lingote, se aceleró la disipación de calor por la transferencia de calor provocada por el contacto de la superficie interior del lingote con la superficie exterior de la barra de mandril, y tiene lugar una disminución en la temperatura mayor. Esto es, la superficie exterior e interior de lingote asumen un estado de baja temperatura.

Entretanto, sobre la superficie del extremo delantero del lingote, mediante la acción adiabática del disco de vidrio en contacto con él, se restringe la disipación del calor dentro del troquel, de modo que la disminución en la temperatura se hace pequeña en comparación con las superficies exterior e interior del lingote. Esto es debido a que el espesor del disco de vidrio inmediatamente después del inicio de la extrusión continúa siendo suficientemente grande. En la parte de chaflán en la parte periférica exterior del extremo delantero del lingote, dado que esta parte no se pone en contacto con la superficie interior del contenedor, la disipación de calor no se acelera y, más aún, la disminución en la temperatura es pequeña por la acción adiabática del disco de vidrio grueso. Esto es, la superficie del extremo delantero y la parte de chaflán del lingote se mantienen en un estado de alta temperatura.

Con el avance en la extrusión, el lingote es empujado y procesado de modo que la superficie del extremo delantero, la parte de chaflán y la superficie exterior del mismo se mueven sucesivamente y fluyen a lo largo de la superficie interior del troquel. En particular, en el procedimiento de paso a través de la parte de aproximación del troquel, se genera calor por la brusca fluencia metálica plástica. El grado de la generación de calor permanece el mismo, independientemente de la superficie del extremo delantero, la parte de chaflán, y la parte de la superficie exterior principal del lingote que pasa a través del troquel.

En este momento, cuando la superficie del extremo delantero y la parte de chaflán del lingote pasan a través del troquel, en el estado más inicial, la superficie del extremo delantero y la parte de chaflán del lingote se mantienen en un estado de alta temperatura por la acción adiabática del disco de vidrio. Por lo tanto, la temperatura superficial del tubo extrudido se eleva adicionalmente por la adición del gran calor provocado por el procesamiento, y se hace más alta que la temperatura de calentamiento. En este caso, la temperatura superficial del tubo extrudido se hace más alta que la temperatura de la parte de pared media incluso cuando se somete a un calor provocado por el procesamiento moderado.

Entretanto, cuando la superficie exterior principal del lingote pasa a través del troquel, en la etapa inicial, el disco de vidrio se funde y se adelgaza por la disipación de calor del lingote al contenedor, y con un avance adicional de la extrusión, la temperatura superficial del tubo extrudido se disminuye por la disipación de calor al troquel a través del disco de vidrio adelgazado. Por lo tanto, incluso si se añade calor provocado por el procesamiento, la temperatura superficial del tubo extrudido no se incrementa demasiado, y se hace más baja que la temperatura de calentamiento. En este caso, la temperatura superficial del tubo extrudido se hace más baja que la temperatura de la pared media sometida a la generación de calor del procesamiento.

A partir de la situación de dicha distribución de temperatura, es evidente que, cuando una parte que incluye la superficie del extremo delantero y la parte de chaflán del lingote, esto es, una parte del lado del extremo delantero del punto de inicio del chaflán X (mostrado en la FIG. 2(a)) del lingote (de aquí en adelante, denominada como una "parte no invariable") se empuja al exterior, la temperatura superficial del tubo extrudido se eleva en comparación con la temperatura de calentamiento por la acción adiabática del disco de vidrio y el calor provocado por el trabajo del lingote en sí, y se inclina para alcanzar la temperatura de disminución de ductilidad en la zona de alta temperatura. Esta es la causa de los defectos transversales sobre la superficie exterior en la parte superior del tubo.

En el caso en que el diámetro exterior d_0 del lingote es grande, dado que la capacidad calorífica del lingote en sí es alta, la disminución de la temperatura del lingote es limitada, y, como resultado, el grado de incremento en la temperatura superficial del tubo extrudido tiende a ser grande.

También, el grado del incremento de la temperatura superficial del tubo extrudido depende de la tasa de reducción de trabajo. Esto es debido a que cuando la tasa de reducción de trabajo se incrementa, la cantidad de calor provocado por el procesamiento se incrementa. La tasa de reducción de trabajo en esta descripción corresponde a la relación de espesor de pared t_0 del lingote al espesor de pared t del tubo extrudido $[t_0/t]$, la relación del diámetro exterior d_0 de lingote al diámetro exterior d del tubo extrudido $[d_0/d]$, y la relación de extrusión p representada por la relación del área de sección transversal promedio del lingote al área de sección transversal promedio del tubo extrudido $[(t_0 \times (d_0 - t_0) \times \pi) / (t \times (d - t) \times \pi)]$.

Adicionalmente, el grado de incremento de la temperatura superficial del tubo extrudido depende de la velocidad del pistón V_0 . Esto es debido a que cuando la velocidad del pistón V_0 se incrementa, la velocidad de extrusión promedio $V_{av} [= (V_0 + V_0 \times p) / 2]$ del lingote se incrementa, y la cantidad de calor provocada por el procesamiento se incrementa por el incremento en la tasa de tensiones correspondiente a la velocidad de extrusión promedio incrementada del lingote. Esto ejerce un efecto sobre el tiempo $A [= L / V_{av} \times 1000]$ empleado por el lingote para pasar a través de la longitud L en la dirección de extrusión de la parte de aproximación sobre el troquel, y cuando la velocidad del pistón V_0 se incrementa, el tiempo de paso A por el troquel se reduce, y la cantidad de calor provocada por el procesamiento se incrementa.

5 Por estas razones, cuando un material que tiene una baja deformabilidad a alta temperatura se extrude en caliente, dependiendo del diámetro exterior del lingote, la cantidad de calor provocado por el procesamiento se predice basándose cuantitativamente en la tasa de reducción de trabajo y el tiempo de paso del troquel, y se controla la temperatura de calentamiento del lingote mientras se tiene en cuenta la cantidad de calor provocado por el procesamiento, por lo que puede asegurarse la temperatura que presenta una buena ductilidad a alta temperatura y pueden suprimirse los defectos transversales sobre la superficie exterior en la parte superior del tubo extrudido sin un transitorio excesivo de la temperatura superficial en la parte no inalterable en la etapa inicial de extrusión.

10 Basándose en los descubrimientos anteriormente descritos y en los resultados posteriormente descritos de los ejemplos, se formuló la condición de calentamiento, obteniéndose así expresiones condicionales de temperatura de calentamiento representadas por las fórmulas (1) y (2).

15 En las fórmulas (1) y (2), para impedir un transitorio de temperatura excesivo sobre la superficie del tubo extrudido, se define el límite superior de la temperatura de calentamiento del lingote. El límite inferior de la temperatura de calentamiento del lingote es preferentemente de 1100 °C. La razón para esto es que si la temperatura de calentamiento es demasiado baja, la temperatura superficial no alcanza la temperatura que presenta una buena ductilidad a alta temperatura, disminuyendo la deformabilidad, y tendiendo a aparecer defectos superficiales. También, la razón para esto es que cuando la temperatura de calentamiento disminuye, la resistencia a la deformación se hace alta, y la carga sobre el equipo de fabricación de tubos se incrementa durante la extrusión.

2. Espesor de vidrio lubricante sólido

20 Como se ha descrito anteriormente, la causa de los defectos transversales es el transitorio excesivo de la temperatura superficial en la parte no inalterable, y el transitorio excesivo de la temperatura superficial es provocado por la acción adiabática del disco de vidrio. Por lo tanto, se estudia el espesor preferido del disco de vidrio, esto es, el vidrio lubricante sólido proporcionado entre el material de partida a ser extrudido y el troquel.

25 Se realizaron ensayos para la producción de un tubo extrudido que tuviera un diámetro exterior de 76,8 mm y un diámetro interior de 63 mm. En estos ensayos, se usó como el material de partida a ser extrudido, un acero inoxidable austenítico (SUS347H en las normas JIS) que tenía un diámetro exterior de 178 mm y un diámetro interior de 66 mm y que tenía una composición representativa dada en la Tabla 1, y lingotes fabricados de este acero inoxidable se calentaron a 1200 °C y posteriormente se sometieron a extrusión en caliente bajo condiciones en las que el espesor medio del disco de vidrio y la velocidad del pistón se variaron de forma diversa. Mediante la variación del espesor promedio del disco de vidrio en el intervalo de 0 a 10 mm, y mediante el ajuste de la velocidad del pistón a 100, 150 y 200 mm/s, se produjeron un centenar de longitudes de tubos extrudidos para cada condición. El espesor promedio de 0 mm para el disco de vidrio significa que no se proporcionó ningún disco de vidrio.

[Tabla 1]

Tabla 1

Unidad: % en masa							
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Nb
0,09	0,50	1,53	0,023	0,001	11,30	17,50	0,96

35 Sobre cada uno de los tubos extrudidos obtenidos por los ensayos de extrusión realizados bajo las condiciones, se observó visualmente toda la zona de la superficie exterior para examinar el estado de aparición de defectos superficiales exteriores.

40 La FIG. 3 es un diagrama para la ilustración de un efecto sobre los defectos superficiales exteriores del tubo extrudido por el espesor promedio del disco de vidrio. En la FIG. 3, la marca ■ (marca cuadrada negra) indica que tuvo lugar un agarrotamiento del troquel debido a la ausencia del disco de vidrio desde la etapa inicial de extrusión, de modo que aparecieron defectos superficiales a todo lo largo de la longitud global del tubo extrudido. La marca ● (marca redonda negra) indica que tiene lugar un agarrotamiento del troquel debido a lubricación de vidrio insuficiente después de la etapa media de extrusión, de modo que variaron los defectos superficiales desde una posición intermedia a una parte inferior del tubo extrudido, mientras que el número de tubos que tenían dichos defectos superficiales es del 5 % o más respecto a los tubos ensayados bajo la condición relevante (longitudes de un centenar de tubos). La marca ○ (marca de círculo) indica que no se reconoce ningún defecto superficial a todo lo largo de la longitud global de los tubos extrudidos.

50 A partir de la FIG. 3, puede verse que independientemente de la magnitud de la velocidad del pistón, el disco de vidrio (vidrio lubricante sólido) es indispensable como lubricante para impedir el agarrotamiento del troquel durante la extrusión, y dependiendo del espesor medio del mismo, tiene lugar un agarrotamiento del troquel, y tienen lugar defectos superficiales sobre el tubo extrudido. Para impedir un defecto superficial a todo lo largo de la longitud global del tubo extrudido, el espesor promedio del vidrio lubricante sólido debería hacerse preferentemente de 6 mm o más.

El límite superior del espesor promedio del mismo no se define especialmente, sino que es preferentemente de 70 mm o menos. Si el espesor promedio del vidrio lubricante sólido es tan grande como 70 mm, la cantidad de lubricante puede asegurarse suficientemente. Cuando el espesor promedio del mismo es más de 70 mm, en efecto lubricante se satura, y simplemente se incrementa el coste.

5 3. Composición del material de partida a ser extrudido

En la descripción a continuación, el símbolo “%” para el contenido de cada elemento significa “% en masa”.

3-1 Material en uso (conteniendo Cr: 15 a 35 % y Ni: 3 a 50 %)

10 En el procedimiento de producción de acuerdo con la presente invención, se usó preferentemente un material de partida a ser extrudido que tenía la composición descrita anteriormente. La razón para esto es que dado que el material de partida a ser extrudido que tiene la composición descrita anteriormente tiene una baja deformabilidad a altas temperaturas, cuando se realizó la extrusión en caliente mediante el uso de material de partida de esta composición, en la parte no invariable en la etapa inicial de extrusión, tiende a ocurrir un defecto transversal sobre la superficie exterior debido al transitorio de la temperatura superficial exterior del tubo extrudido.

3-2 Ejemplos de material en uso

15 En el procedimiento de producción de acuerdo con la presente invención, como el material de partida a ser extrudido que tiene la composición anteriormente descrita, se usa preferentemente una aleación austenítica o un acero inoxidable bifase, que tiene una baja deformabilidad a altas temperaturas.

20 Como un acero inoxidable austenítico y una aleación austenítica tales como aleaciones Ni-Cr-Fe, pueden citarse SUS304H, SUS309, SUS310, SUS316H, SUS321H, SUS347H, NCF800, y NCF825, que se especifican en JIS, y una aleación equivalente a estas, que contiene Cr: 15 a 35 % y Ni: 6 a 50 % como composición principal. Junto a ellas pueden citarse, A213-TP347H UNS S34709, A213 UNS S30432, A213-TP310HCbN UNS S31042, y B622 UNS NO8535, que se especifican en ASTM, y una aleación equivalente a estas.

25 Más específicamente, la aleación austenítica es un material que comprende C: 0,2 % o menos, Si: 2,0 % o menos, Mn: 0,1 a 3,0 %, Cr: 15 a 30 %, y Ni: 6 a 50%, siendo el resto Fe e impurezas. Esta aleación puede contener, siempre que sea necesario, en lugar de parte de Fe, uno o más elementos seleccionados de entre Mo: 5 % o menos, W: 10 % o menos, Cu: 5 % o menos, N: 0,3 % o menos, V: 1,0 % o menos, Nb: 1,5 % o menos, Ti: 0,5 % o menos, Ca: 0,2 % o menos, Mg: 0,2 % o menos, Al: 0,2 % o menos, B: 0,2 % o menos, y metales de tierras raras: 0,2 % o menos.

30 Como el acero inoxidable bifase, pueden citarse SUS329J1, SUS329J3L, y SUS329J4L, que se especifican en JIS, y una aleación equivalente a estas, que contiene Cr: 20 a 35 % y Ni: 3 a 10 % como composición principal, junto a ellas pueden citarse A789 UNS S31260, S31803, y S39274, que se especifican en ASTM, y una aleación equivalente a estas.

35 Más específicamente, el acero inoxidable bifase es un material que comprende C: 0,03 % o menos, Si: 1 % o menos, Mn: 0,1 a 2 %, Cr: 20 a 35 %, Ni: 3 a 10 %, y N: 0,15 a 0,60 %, siendo el resto Fe e impurezas. Este acero inoxidable puede contener, siempre que sea necesario, en lugar de parte de Fe, uno o más elementos seleccionados de entre Mo: 4 % o menos, W: 6 % o menos, Cu: 3 % o menos, Ca: 0,2 % o menos, Mg: 0,2 % o menos, Al: 0,2 % o menos, B: 0,2 % o menos, y metales de tierras raras: 0,2 % o menos.

3-3 Composición específica y razones para la limitación

40 Para la aleación austenítica, por ejemplo, SUS347H en la norma JIS, en comparación con un acero al carbono con un S45C, la resistencia a la deformación a la misma temperatura es tan alta como 1,5 veces o más, el valor calorífico de generación de calor resultante de la extrusión es alto, y la temperatura sobre la superficie exterior del tubo tiende a hacerse alta en la parte no invariable en la etapa inicial de extrusión. Debido a estas características, en el procedimiento de producción de acuerdo con la presente invención, la aleación austenítica se usa preferentemente adicionalmente como el material de partida a ser extrudido.

45 La ilustración de la composición específica de la aleación austenítica aplicable en la presente invención se ha mostrado anteriormente. En adelante en el presente documento, se explican las acciones y efectos de cada elemento y la razón para limitar el contenido del mismo.

C: 0,2 % o menos

50 El C (carbono) es un elemento efectivo en asegurar la resistencia y resistencia a la fractura por fluencia. Para conseguir este efecto, se contienen preferentemente 0,01 % o más de C. Sin embargo, si el contenido de C es más del 0,2 %, permanecen carburos insolubles cuando se realiza el tratamiento de la solución, de modo que el C no contribuye al incremento en la resistencia a alta temperatura en tanto que ejerce un efecto adverso sobre las propiedades mecánicas tales como la dureza. Por lo tanto, el contenido de C es del 0,2 % o menor. Para impedir la disminución en la manejabilidad en caliente y el deterioro en la dureza, es deseable que el contenido de C sea del

0,12 % o menor.

Si: 2,0 % o menos

5 El Si (silicio) es un elemento que se usa como un desoxidante, y más aún un elemento efectivo en la mejora de la resistencia a la oxidación por vapor. Por lo tanto, se contiene preferentemente 0,1 % o más de Si. Por otro lado, un contenido de Si más alto deteriora la capacidad de soldadura o manejabilidad en caliente. Por lo tanto, el contenido de Si es del 2,0 % o menor. El contenido de Si es preferentemente del 0,8 % o menor.

Mn: 0,1 a 3,0 %

10 El Mn (manganeso) es, como el Si, un elemento efectivo como un desoxidante. También, el Mn tiene un efecto en limitar el deterioro en la manejabilidad en caliente provocado por el contenido de S como una impureza. Para conseguir el efecto desoxidante y para mejorar la manejabilidad en caliente, debería contenerse el 0,1 % o más de Mn. Sin embargo, un Mn contenido en exceso conduce a fragilidad. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Mn es del 3,0 %. El límite superior del mismo es preferentemente del 2,0 %.

Cr: 15 a 30 %

15 El Cr (cromo) es un elemento necesario para asegurar la resistencia a alta temperatura, resistencia a la oxidación, y resistencia a la corrosión. Para conseguir estos efectos, es necesario contener el 15 % o más de Cr. Sin embargo, un Cr contenido en exceso conduce al deterioro en la dureza y manejabilidad en caliente. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Cr es del 30 %.

Ni: 6 a 50 %

20 El Ni (níquel) es un elemento necesario para estabilizar la estructura austenítica y mejorar la resistencia a la fractura por fluencia. Para conseguir estos efectos, es necesario contener el 6 % o más de Ni. Sin embargo, un Ni contenido en exceso satura estos efectos, y conduce al incremento en coste. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Ni es del 50 %. El límite superior del mismo es preferentemente del 35 %, adicionalmente preferente del 25 %. En el caso de que se desee asegurar la estabilidad de la microestructura a temperaturas más altas durante un período de tiempo más largo, se prefiere que se contenga el 15 % o más de Ni.

25 En lo sucesivo, se explican los elementos a ser contenidos si es necesario y las composiciones de los mismos.

Mo: 5 % o menos, W: 10 % o menos, Cu: 5 % o menos

30 El Mo (molibdeno), el W (tungsteno) y el Cu (cobre) son elementos para la mejora de la resistencia a alta temperatura de la aleación. En el caso de que sea necesario este efecto, se contiene preferentemente el 0,1 % o más de cualquiera de estos elementos. Dado que estos elementos, si se contienen en demasía, impiden la soldabilidad y manejabilidad, el límite superior del contenido de Mo o del contenido de Cu es del 5 %, y el límite superior del contenido de W es del 10 %.

N: 0,3 % o menos

35 El N (nitrógeno) contribuye al fortalecimiento de la solución sólida y combina con otros elementos para conseguir un efecto de fortalecimiento de la aleación por medio de la precipitación de la acción de fortalecimiento. En el caso en el que sean necesarios estos efectos, se contiene preferentemente el 0,005 % o más de N. Sin embargo, si el contenido de N es más del 0,3 %, se deteriora a veces la ductilidad y la soldabilidad.

V: 1,0 % o menos, Nb: 1,5 % o menos, Ti: 0,5 % o menos

40 El V (vanadio), el Nb (niobio) y el Ti (titanio) combinan con carbono e hidrógeno para formar carbonitruros, contribuyendo de ese modo al fortalecimiento de la precipitación. Por lo tanto, en el caso de que este efecto sea necesario, se contiene preferentemente el 0,01 % o más de uno o más de estos elementos. Por otro lado, si el contenido de estos elementos es excesivo, se perjudica la manejabilidad de la aleación. Por lo tanto, los límites superiores del contenido de V, del contenido de Nb y del contenido de Ti se hacen del 1,0 %, 1,5 % y 0,5 %, respectivamente.

45 Ca: 0,2 % o menos, Mg: 0,2 % o menos, Al: 0,2 % o menos, B: 0,2 % o menos, metales de tierras raras: 0,2 % o menos

50 Todos, el Ca, Mg, Al, B y los metales de tierras raras, tienen el efecto de mejorar la resistencia, manejabilidad, y resistencia a la oxidación por vapor. En el caso de que sean necesarios estos efectos, cada uno de los uno o más elementos seleccionados de entre estos elementos está contenido preferentemente en el 0,0001 % o más. Por otro lado, si el contenido de cada uno de estos elementos es más del 0,2 %, se perjudican la manejabilidad o la soldabilidad. Los metales de tierras raras son el término colectivo de diecisiete elementos en los que se añaden Y y Sc a los quince elementos de lantánidos, y pueden contenerse una o más clases de estos elementos. El contenido de los metales de tierras raras significa el contenido total de estos elementos.

Tal como se ha descrito anteriormente, el acero inoxidable austenítico usado como el material de partida a ser extrudido en el procedimiento de producción de acuerdo con la presente invención contiene los elementos esenciales anteriormente descritos y, en algunos casos, contiene adicionalmente los elementos opcionales anteriormente descritos, siendo el resto Fe e impurezas. Las impurezas a las que se hace referencia en el presente documento son componentes que se mezclan por varias causas en el procedimiento de producción, incluyendo materiales en bruto tales como minerales y desechos, cuando se produce el material de forma comercial y que se permite que estén contenidos en un grado tal que no se ejerza un efecto adverso sobre la presente invención.

El material de partida hueco a ser extrudido que se usa en el procedimiento de producción de acuerdo con la presente invención puede producirse mediante el uso de un equipo de producción y un procedimiento de producción usados comúnmente de modo industrial. Por ejemplo, para la fusión, puede usarse un horno eléctrico, un horno de descarburación de soplado inferior de gas mezcla de argón-oxígeno (horno AOD), un horno de descarburación por vacío (horno VOD), y similares. El acero fundido habiendo sido fundido puede formarse en un lingote después de solidificarse como una barra en un procedimiento de fabricación de barras, o puede fundirse en lingotes redondos mediante el procedimiento de colada continuo.

Se forma un orificio de guía mediante el mecanizado a lo largo de la línea central axial del lingote y, en algunos casos se realiza adicionalmente una perforación de expansión para expandir el diámetro interior del lingote mediante el uso de una prensa de perforación. De ese modo, usando el lingote hueco obtenido como el material de partida a ser extrudido, puede producirse un tubo sin soldaduras mediante el procedimiento de fabricación de tubos por extrusión en caliente del procedimiento Ugine-Sejourmet. Después de someterse a un tratamiento térmico de la solución, el tubo extrudido obtenido mediante extrusión en caliente puede someterse a un mecanizado en frío tal como laminado en frío o estirado en frío para conducir a un tubo sin soldaduras frío.

Ejemplos

Para confirmar los efectos del procedimiento de producción de acuerdo con la presente invención, se realizaron ensayos de extrusión en caliente usando el procedimiento de producción de tubos Ugine-Sejourmet. En estos ensayos, mediante el uso de lingotes fabricados de un acero inoxidable austenítico (SUS347H en las normas JIS) que tenía la composición representativa dada en la Tabla 1, se realizó una extrusión en caliente mediante el uso de un disco de vidrio que tenía un espesor medio de 6 a 12 mm, y la superficie exterior de la parte superior del tubo extrudido obtenido se observó visualmente, mediante lo que se examinó la aparición de defectos transversales. La Tabla 2 da las dimensiones de los lingotes y tubos extrudidos, las condiciones de ensayo que incluyen la temperatura de calentamiento del lingote, y el resultado de evaluación de los defectos transversales.

[Tabla 2]

Tabla 2

Ensayo N.º	Dimensiones del lingote		Dimensiones del tubo extrudido			Condiciones de extrusión				Valores calculados				Evaluación de defectos transversales sobre la superficie exterior en la parte superior del tubo	
	Diámetro exterior [mm]	Grosor t_0 de la pared [mm]	Área de sección transversal [mm ²]	Diámetro exterior [mm]	Grosor t de la pared [mm]	Área de sección transversal [mm ²]	Relación de extrusión ρ	Temperatura de calentamiento T [°C]	Velocidad V_0 del pistón [mm/s]	Longitud L de aproximación [mm]	Tiempo A de paso en troquel [ms]	$\ln(t_0/t)$	$\ln(d_0/d)$		Temperatura calculada [°C]
1	176	56,0	21112	76,8	6,9	1515	13,9	1210	100	10	13,4	2,1	0,8	1241	o
2	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1210	150	↑	8,9	↑	↑	1235	o
3	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1210	200	↑	6,7	↑	↑	1233	o
4	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1240 *	150	↑	8,9	↑	↑	1235	x
5	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1240 *	200	↑	6,7	↑	↑	1233	x
6	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1245 *	100	↑	13,4	↑	↑	1241	x
7	176	57,0	21309	69,0	5,0	1005	21,2	1180	150	↑	6,0	2,4	0,9	1228	o
8	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1210	150	↑	6,0	↑	↑	1228	o
9	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1240 *	150	↑	6,0	↑	↑	1228	x
10	176	61,5	22122	60,0	5,0	864	25,6	1180	200	↑	3,8	2,5	1,1	1224	o
11	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1210	150	↑	5,0	↑	↑	1225	o
12	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1240 *	150	↑	5,0	↑	↑	1225	x
13	210	83,0	33116	69,0	14,0	2419	13,7	1180	100	20	27,2	1,8	1,1	1225	o
14	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1210	100	↑	27,2	↑	↑	1225	o
15	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1240 *	200	↑	13,6	↑	↑	1209	x
16	210	75,5	31902	69,0	6,5	1276	25,0	1180	150	↑	10,3	2,5	1,1	1200	o
17	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1210 *	150	↑	10,3	↑	↑	1200	x
18	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1240 *	100	↑	15,4	↑	↑	1206	x
19	210	89,5	33881	45,0	8,5	975	34,8	1180	150	↑	7,5	2,4	1,5	1194	o
20	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1210 *	150	↑	7,5	↑	↑	1194	x
21	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1240 *	200	↑	5,6	↑	↑	1191	x

(Nota) la marca * indica el valor que se desvía frente al intervalo definido en la presente invención.

5 En la Tabla 2, la “temperatura calculada” representa el valor límite superior de la temperatura de calentamiento del material de partida a ser extrudido, que se calcula por el lado derecho de la fórmula (1) o (2). También, la marca \circ en la columna “evaluación de defectos transversales” indica que no se observó defecto transversal sobre la superficie exterior de la parte superior del tubo, y la marca \times en ella indica que se observó (observaron) defecto(s) transversal(es).

10 Los ensayos N.º 1 a 12 son para la determinación del límite superior de la temperatura de calentamiento por medio de la fórmula (1) definida en la presente invención debido a que el diámetro exterior d_0 del lingote era menor de 200 mm. De entre estos ensayos, en los ensayos N.º 1 a 3, 7, 8, 10 y 11, la temperatura T de calentamiento satisfizo la relación de la fórmula (1), no ocurrió ningún defecto transversal sobre la superficie exterior en la parte superior del tubo, y se obtuvo un tubo extrudido que tenía buena calidad superficial exterior. Por otro lado, en los ensayos N.º 4 a 6, 9 y 12, la temperatura T de calentamiento no satisfizo la relación de la fórmula (1), y tuvo (tuvieron) lugar defecto(s) transversal(es).

15 Los ensayos N.º 13 a 21 son ensayos para la determinación del límite superior de la temperatura de calentamiento por medio de la fórmula (2) definida en la presente invención debido a que el diámetro exterior d_0 del lingote es de 200 mm o más. De entre estos ensayos, en los ensayos N.º 13, 14, 16 y 19, la temperatura T de calentamiento satisfizo la relación de la fórmula (2), y no ocurrió ningún defecto transversal sobre la superficie exterior en la parte superior del tubo. Por otro lado, en los ensayos N.º 15, 17, 18, 20 y 21, la temperatura T de calentamiento no satisfizo la relación de la fórmula (2), y ocurrió (ocurrieron) defecto(s) transversal(es).

Aplicabilidad industrial

20 De acuerdo con el procedimiento para producir un tubo sin soldaduras de acuerdo con la presente invención, cuando se realiza extrusión en caliente mediante el uso de un lingote que tiene baja deformabilidad a altas temperaturas, el lingote se calienta a la temperatura de calentamiento que satisface una expresión condicional que tiene en cuenta la cantidad de calor provocada por el procesamiento dependiendo del diámetro exterior de lingote, mediante lo que se puede impedir un defecto transversal sobre la superficie exterior de la parte superior de un tubo extrudido sin un transitorio excesivo de la temperatura superficial del tubo extrudido en la etapa inicial de la extrusión. Por lo tanto, el
25 procedimiento de producción de acuerdo con la presente invención es extremadamente útil como una tecnología capaz de producir un tubo extrudido alto en Cr y alto en Ni que tenga buena calidad superficial exterior.

Lista de signos de referencia

30 1: disco de vidrio (vidrio lubricante sólido), 2: troquel, 2a: parte de aproximación, 2b: parte de apoyo, 3: barra de mandril, 4: portador del troquel, 5: apoyo de troquel, 6: contenedor, 7: bloque suplementario, 8: lingote (material de partida a ser extrudido)

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de producción de un tubo sin soldaduras, en el que, cuando se extrude en caliente un material de partida hueco a ser extrudido proporcionando un vidrio lubricante sólido entre el material de partida a ser extrudido y un troquel después de que el material de partida hueco haya sido calentado, el material de partida se extrude en caliente siendo calentado a una temperatura T [°C] de calentamiento que satisface la relación de la Fórmula (1) o Fórmula (2) dependiendo del diámetro exterior d_0 [mm] del mismo:

cuando $d_0 < 200$:

$$T \leq 1250 + 1,1487 \times A - 7,838 \times \ln(t_0/t) - 10,135 \times \ln(d_0/d) \dots (1)$$

cuando $d_0 \geq 200$:

$$T \leq 1219 + 1,1487 \times A - 7,838 \times \ln(t_0/t) - 10,135 \times \ln(d_0/d) \dots (2)$$

donde las Fórmulas (1) y (2) se determina mediante las Fórmulas (3) a (5).

$$A = L/V_{av} \times 1000 \dots (3)$$

$$V_{av} = (V_0 + V_0 \times \rho) / 2 \dots (4)$$

$$\rho = (t_0 \times (d_0 - t_0) \times \pi) / (t \times (d - t) \times \pi) \dots (5)$$

donde

d_0 : diámetro exterior del material de partida a ser extrudido [mm]

t_0 : espesor de la pared del material de partida a ser extrudido [mm]

d : diámetro exterior del tubo extrudido [mm]

t : espesor de la pared del tubo extrudido [mm]

A: tiempo de paso por el troquel [ms (milisegundos)]

L: longitud de la parte de aproximación a lo largo de la dirección de extrusión desde su extremo de entrada al extremo de entrada de la siguiente parte de apoyo del troquel [mm]

V_{av} : velocidad de extrusión promedio del material de partida a ser extrudido [mm/s]

V_0 : velocidad del pistón [mm/s]

ρ : relación de extrusión;

en el que el material de partida a ser extrudido se fabrica de una composición que comprende, en tanto por ciento en masa, Cr: 15 a 35 % y Ni: 3 a 50 %.

2. El procedimiento de producción de un tubo sin soldaduras de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el espesor promedio del vidrio lubricante sólido es de al menos 6 mm.

30

FIG. 1

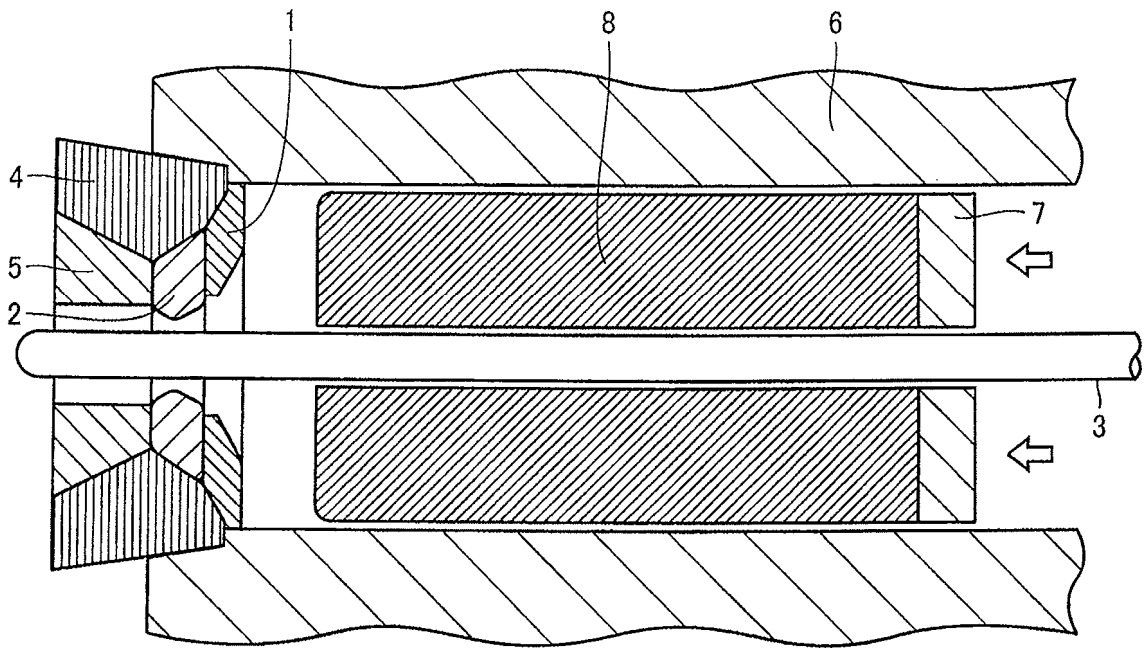
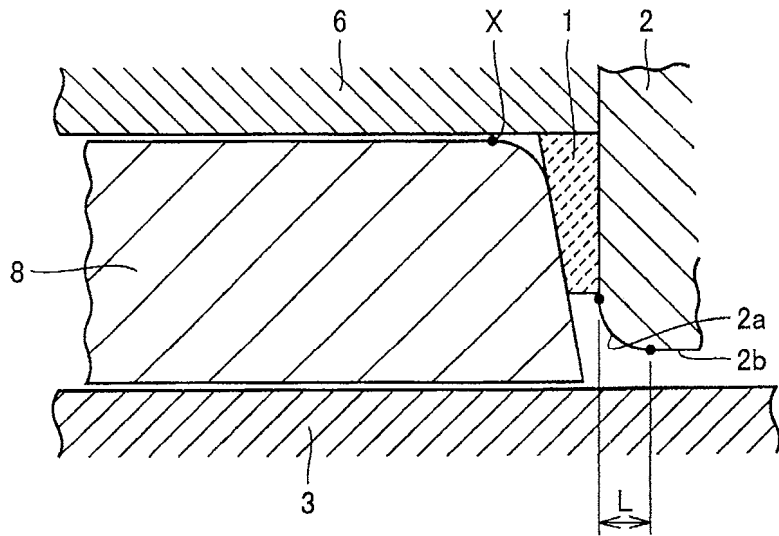


FIG. 2

(a)



(b)

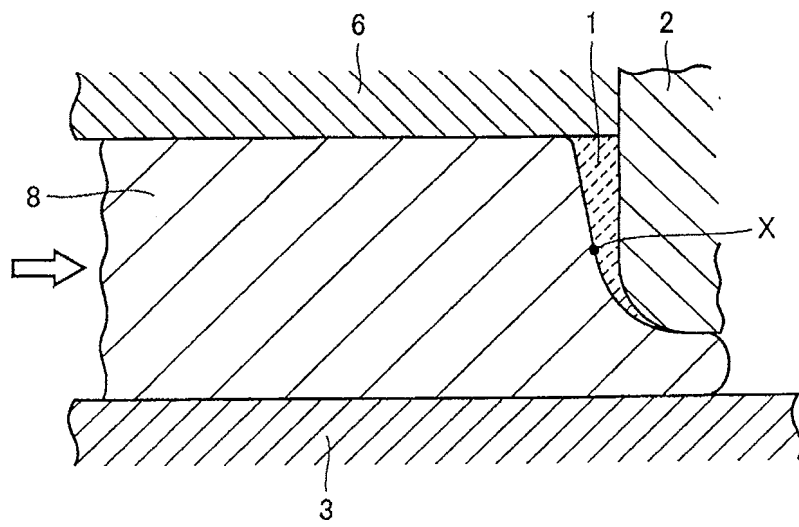


FIG. 3

