

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 185**

51 Int. Cl.:

C21D 6/00 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C21D 8/10 (2006.01)
C22B 9/04 (2006.01)
C22B 9/18 (2006.01)
C22B 9/20 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)
C22C 38/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2007 E 11164189 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2015 EP 2361997**

54 Título: **Preformas de acero**

30 Prioridad:

03.08.2006 FR 0653272

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

09.09.2015

73 Titular/es:

AUBERT & DUVAL (100.0%)
Tour Maine Montparnasse, 33 avenue du Maine
75015 Paris, FR

72 Inventor/es:

GAY, GÉRALD y
GAILLARD-ALLEMAND, BRUNO

74 Agente/Representante:

GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro

ES 2 545 185 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

Preformas de acero.

5 La invención se refiere a un proceso de fabricación de preformas de acero, en particular, preformas de tubos para formar al menos un elemento del equipo presurizado.

Estado de la técnica

10 Aceros de muy alto rendimiento para fabricar elementos de equipos presurizados capaces de soportar de 4.000 a 10.000 bares, que incluyen especialmente obturadores o manguitos de culatas o tubos para formar un elemento del equipo presurizado, en particular, se han desarrollado durante muchos años tubos para cañones. Estos aceros deben responder a las cualidades de composiciones definidas muy estrictamente y deben producir muy buenas propiedades mecánicas, y especialmente de un límite de elasticidad muy elevado, y una buena proporción límite elasticidad/tenacidad, especialmente a bajas temperaturas.

15 Es especialmente necesario obtener contenidos muy bajos de silicio y de manganeso, pero con contenidos relativamente altos de cromo, molibdeno y níquel.

20 Diferentes composiciones se han propuesto en la técnica anterior para la producción de aceros que responden a estas propiedades mecánicas, sin embargo, las características mecánicas de estos aceros se deben mejorar aún más. Tales composiciones se describen especialmente en la patente DE-195 31 260 C2. La composición se debe por tanto mejorar en términos de propiedades mecánicas, y especialmente en términos del límite de elasticidad y proporción límite elasticidad/tenacidad, en particular a baja temperatura.

25 Los procesos conocidos no producen de forma relativamente fiable composiciones de acero con las propiedades mecánicas requeridas, especialmente en términos del límite de elasticidad y proporción límite elasticidad/tenacidad a baja temperatura.

30 Objetivos de la invención

El principal objetivo de la invención es resolver los problemas técnicos mencionados anteriormente y, especialmente, proporcionar una composición de acero que permita elevadas propiedades mecánicas, especialmente en términos del límite de elasticidad y una proporción límite de elasticidad/tenacidad optimizada a baja temperatura, adaptadas para formar un elemento del equipo presurizado.

40 El principal objetivo de la invención es también resolver los problemas técnicos mencionados anteriormente y, especialmente, el problema técnico que consiste en proporcionar un proceso para obtener una preforma de composición que responda a los requisitos antes mencionados, especialmente para la fabricación de un acero que tiene muy buenas propiedades mecánicas, incluyendo especialmente un límite de elasticidad muy alto, y al mismo tiempo obteniendo valores elevados del límite de elasticidad y tenacidad a temperatura baja.

45 El objetivo de la invención es, especialmente, resolver este problema técnico dentro del alcance de fabricar elementos de equipos presurizados.

Descripción de la invención

En particular, se ha descubierto una composición de preforma de acero, que comprende esencialmente:

- 50 Carbono: 0,35-0,43,
- Manganeso: <0,20,
- Silicio: <0,20,
- Níquel: 3,00-4,00,
- Cromo: 1,30-1,80,
- 55 Molibdeno: 0,70-1,00,
- Vanadio: 0,20-0,35,
- Hierro: resto

60 en porcentajes en peso de la composición total, así como las impurezas inevitables, mantenidas en el nivel más bajo, especialmente en forma de cobre (preferentemente <0,100); aluminio (preferentemente <0,015); azufre (preferentemente <0,002), fósforo (preferentemente <0,010), estaño (preferentemente <0,008); arsénico (preferentemente <0,010); antimonio (preferentemente <0,0015); por lo general introducidos de forma esencial por materiales primarios; calcio (preferentemente <0,004), dióxígeno (preferentemente <0,004); dihidrógeno (preferentemente <0,0002); y dinitrógeno (preferentemente <0,007) generalmente debido esencialmente al proceso de fabricación. Esta composición responde a los requisitos de propiedades mecánicas requeridas para formar un elemento del equipo presurizado que soporte de 4000 a 10.000 bares, tales como especialmente obturadores o

manguitos de la culata o tubos del equipo presurizado.

Estos aceros no son fáciles de trabajar, especialmente en la medida en que están fuera del equilibrio termodinámico, debido al hecho, principalmente, de los contenidos de dinitrógeno, dióxígeno y dihidrógeno, asociados con los contenidos particulares de carbono, manganeso, silicio, níquel y cromo.

Sorprendentemente, se ha descubierto que es posible resolver los problemas técnicos mencionados anteriormente mediante el uso, en particular, de un proceso de refusión de electroescoria (refusión ESR - «Refusión De Electroescoria») o al vacío (VAR - «Refusión por Arco al Vacío») y preferentemente un proceso de refusión de electroescoria. Un proceso de refusión ESR o VAR no se debe utilizar normalmente para tales composiciones fuera del equilibrio termodinámico, especialmente no para reducir las propiedades mecánicas, y especialmente el límite de elasticidad muy elevado, requerido en particular para aplicaciones en el campo de los equipos presurizados y armas, en particular.

En consecuencia, la presente invención describe un proceso de fabricación para una preforma de acero que comprende refusión de electroescoria (ESR - Refusión De Electroescoria) o refusión por arco al vacío (VAR-«Refusión por Arco al Vacío»), teniendo dicha preforma una composición que comprende esencialmente, después de la refusión ESR o VAR:

Carbono: 0,35-0,43, y preferentemente 0,37-0,42,
 Manganeso: <0,20, y preferentemente <0,15,
 Silicio: <0,20, y preferentemente <0,100,
 Níquel: mayor de 3,00 y menor de o igual a 4,00, y preferentemente 3,50-3,80,
 Cromo: 1,30-1,80, y preferentemente 1,50-1,70, Molibdeno preferentemente 0,70-1,00,
 Vanadio preferentemente 0,20-0,35, y más preferentemente 0,25-0,30,
 Hierro: resto, en porcentajes en peso de la composición total, así como las impurezas inevitables que incluyen especialmente dinitrógeno (preferentemente <70 ppm), dióxígeno (preferentemente <30 ppm) y dihidrógeno (preferentemente <2 ppm).

Dicho proceso comprende ventajosamente la refusión ESR de un electrodo para obtener dicha composición de preforma después de la refusión ESR descrita anteriormente, comprendiendo la refusión ESR:

una composición de la escoria que comprende esencialmente:

CaF₂: 60-70;
 Al₂O₃: 10-20;
 CaO: 10-20;
 SiO₂: 5-10%;

en porcentajes en peso de la composición total de la escoria.

Ventajosamente, la refusión ESR se lleva a cabo en una atmósfera inerte y, preferentemente, en una atmósfera de argón.

Ventajosamente, el proceso comprende la desoxidación continua de escoria por la adición de aluminio.

Ventajosamente, la escoria se introduce en forma líquida o sólida.

Ventajosamente, la composición de la composición de preforma después de la refusión ESR o VAR es esencialmente:

Carbono: 0,37-0,42,
 Manganeso: 0,060-0,130,
 Silicio: 0,040-0,120,
 Níquel: mayor de 3,00 y menor o igual a 4,00, y preferentemente 3,50-3,80,
 Cromo: 1,30-1,80, y preferentemente 1,50-1,70,
 Molibdeno: 0,70-1,00,
 Vanadio: 0,25-0,30,
 Aluminio: ≤ 0,015, y preferentemente <0,012, en porcentajes en peso de la composición total, así como las impurezas inevitables.

La composición de la preforma después de la refusión ESR comprende preferentemente las impurezas inevitables mantenidas en el nivel más bajo, especialmente en forma de dióxígeno (preferentemente <30 ppm); dihidrógeno (preferentemente <1,8 ppm); y dinitrógeno (preferentemente <70 ppm).

Los otras impurezas, generalmente asociadas con los materiales primarios, están esencialmente en forma de cobre

(preferentemente <0,100); aluminio (preferentemente <0,012); azufre (preferentemente <10 ppm); fósforo (preferentemente <50 ppm); estaño (preferentemente <0,008), arsénico (preferentemente <0,010), antimonio (preferentemente <0,0015), calcio (preferentemente <30 ppm).

5 De acuerdo con una realización particular, el proceso comprende, antes de la refusión ESR o VAR, trabajado del tipo VAD (Desgasificación de Arco al Vacío).

10 El trabajado del tipo VAD comprende preferentemente el proceso VCD (Desoxidación de Carbono al Vacío) que comprende medir la actividad de oxígeno, además de un complemento de escoria para ajustar la composición del electrodo antes de la refusión ESR o VAR para asegurar que un contenido de silicio de menos del 0,050%, aluminio de menos del 0,012%, asegurar al mismo tiempo un contenido de actividad dióxigeno de menos de 10 ppm, la desgasificación final para obtener especialmente un contenido de dihidrógeno <1,2 ppm, y la decantación final para asegurar la eliminación de inclusiones metálicas.

15 Ventajosamente, el proceso comprende antes del trabajado del tipo VAD, un proceso para transferir el metal sin llevar escoria del horno eléctrico, preferentemente una transferencia cuchara a cuchara.

20 El proceso comprende preferentemente trabajar en el horno de arco eléctrico antes de la transferencia cuchara a cuchara.

25 Ventajosamente, el proceso comprende después de la refusión de escoria (ESR) o refusión al vacío (VAR) recocer el lingote resultante que comprende al menos una temperatura constante durante un período adecuado para asegurar esencialmente la transformación martensítica completa de la composición de la preforma obtenida después de la refusión ESR o VAR.

30 La preforma obtenida después de la refusión ESR o VAR permite especialmente la fabricación de todas las piezas del equipo presurizado, especialmente aquellas tales como obturadores o protectores, en especial para culatas o tubos del equipo presurizado que soporta en particular de 4000 a 10.000 bares, incluyendo especialmente los tubos de cañones.

35 Ventajosamente, el proceso comprende la transformación mediante forjado después del recocido, seguido por el tratamiento térmico de las preformas para obtener un acero que tiene esencialmente una estructura plenamente martensítica y que resulta particularmente en propiedades mecánicas preferidas.

40 Los contenidos de gases del acero (O₂, N₂, H₂) se dosifican ventajosamente por medio de analizadores de gases.

45 La invención abarca especialmente acero en cualquier forma que es probable que se obtenga en una cualquiera de las etapas de este proceso, y especialmente en forma de una preforma, tubos, cilindros o electrodo para refusión ESR o VAR.

50 Otros objetivos, características y ventajas de la invención serán evidentes para los especialistas a partir de la siguiente descripción explicativa que hace referencia a los ejemplos dados únicamente a modo ilustrativo y que de ninguna forma podrían limitar el alcance de la invención.

55 Los ejemplos son parte integrante de la presente invención y cualquier característica que aparezca como novedosa con respecto a la técnica anterior a partir de la descripción tomada como un todo, incluyendo los ejemplos, es parte integrante de la invención en su función y en sus términos generales.

60 Por lo tanto, cada ejemplo tiene un alcance general.

65 Sin embargo, en los ejemplos del presente documento, todos los porcentajes se dan en peso, a menos que se especifique lo contrario, y la temperatura se expresa en grados Celsius a menos que se especifique lo contrario, y la presión es la presión atmosférica, a menos que se especifique lo contrario.

65 Ejemplos

Ejemplo 1: Refusión esr de un electrodo de acero

60 El proceso de refusión ESR se realiza sobre un electrodo que tiene una composición que comprende esencialmente:

65 Carbono: 0,37-0,42,
Manganeso: <0,15;
Silicio: <0,100,
Níquel: 3,50-3,80,
Cromo: 1,50-1,70,
Molibdeno: 0,70-1,00,

Vanadio: 0,25-0,30,

en porcentajes en peso de la composición total, así como las impurezas inevitables, incluyendo dinitrógeno (preferentemente <70 ppm), dióxígeno (preferentemente <15 ppm) y dihidrógeno (preferentemente <1,2 ppm).

- 5 La refusión ESR comprende esencialmente:
- soldar el trozo preferentemente al lado del pie del electrodo;
 - cebar la escoria sólida colocada entre el electrodo y el lingotera de ESR o escoria líquida añadida a la base del lingotera ESR antes de inicio;
 - la composición de la escoria comprende, por ejemplo: 60-65% CaF₂, 10-15% Al₂O₃, 10-15% de CaO, 5-10% SiO₂. La escoria representa un mínimo del 2,3% del peso del electrodo;
 - la velocidad de refusión es generalmente del orden de 10 a 20 kg/mn en estado estacionario;
 - desoxidación de la escoria por la adición de aluminio (<1 kg/tonelada de electrodos);
 - refusión en argón en ligera sobrepresión a través de toda la refusión para evitar retomar nitrógeno y volver a oxidar el acero.

20 Ventajosamente, el proceso comprende la nivelación de la parte correspondiente al líquido en la terminación de refusión. Los lingotes se retiran después del molde caliente tan pronto como se complete la solidificación de la cabeza.

25 El control de los contenidos de sílice y alúmina de la escoria regula especialmente la homogeneidad de los contenidos de aluminio y silicio del lingote refundido. Es preferible obtener contenidos de silicio ≥ 0,040% después de la refusión ESR (por lo general 0,050/0,100%) para evitar cualquier defecto en el tipo de «porosidades» en el producto.

Esta preforma se puede utilizar, a continuación, para la fabricación de tubos, especialmente para usarse como tubos para la industria armamentística, que incluyen especialmente tubos de cañón.

30 Ejemplo 2: refusión var de un electrodo de acero:

El proceso de refusión VAR se lleva a cabo en un electrodo que tiene una composición que comprende esencialmente:

- 35 Carbono: 0,37-0,42,
 Manganeso: <0,15;
 Silicio: <0,100,
 Níquel: 3,50-3,80,
40 Cromo: 1,50-1,70,
 Molibdeno: 0,70-1,00,
 Vanadio: 0,25-0,30,

45 en porcentajes en peso de la composición total, así como las impurezas inevitables que incluyen dinitrógeno (preferentemente <70 ppm), dióxígeno (preferentemente <15 ppm) y dihidrógeno (preferentemente <1,2 ppm).

- 50 La refusión VAR comprende esencialmente:
- soldar el trozo preferentemente al lado del pie del electrodo;
 - cebado de refusión de baja velocidad
 - la velocidad de refusión es generalmente del orden de 7 a 16 kg/mn en estado estacionario al vacío <10⁻⁵ atmósferas;

Ventajosamente, el proceso comprende la nivelación de la parte correspondiente al líquido en la terminación de refusión.

55 Los lingotes se retiran después del molde caliente tan pronto como se solidifica la cabeza.

Esta preforma se puede utilizar, a continuación, para la fabricación de tubos, especialmente para usarse como tubos para la industria de armas, incluyendo especialmente tubos de cañón

60 Ejemplo 3: Trabajado del acero - Obtención de lingotes esr o var refundidos

Este ejemplo ilustra la preparación de un electrodo para la refusión ESR o VAR, por ejemplo utilizable dentro del alcance del Ejemplo 1.

65 1) Trabajado primario:

ES 2 545 185 T3

1.1 Análisis destinados para: en la fundición y antes de la refusión ESR o VAR en %

El objetivo general es una composición de la preforma antes de la refusión ESR o VAR que comprende esencialmente:

C = 0,37-0,42
Mn <0,15
Si <0,100 en el trabajado primario
Ni = 3,50/4,00
Cr = 1,50-1,70
Mo = 0,70-1,00
V = 0,25-0,30

en porcentajes en peso de la composición total, así como las impurezas inevitables, que son generalmente las indicadas a continuación, cuyos contenidos se mantiene tan bajos como sea posible y preferentemente de acuerdo con lo que se indica:

S <20 ppm, típicamente <10 ppm
P <60 ppm - típicamente <50 ppm
Cu <0,100
Al <0,015, y preferentemente <0,012
As <0,010
Sn <0,008
Sb <20 ppm
Ca <30 ppm
N₂ <70 ppm
O₂ <30 ppm
H₂ <1,8 ppm

en porcentajes en peso de la composición total.

1.2 Elección de los materiales primarios:

La elección de los materiales primarios se hace para limitar el nivel de impurezas, a excepción de aluminio que actuará especialmente como desoxidante de la escoria resultante.

1.3 Procesamiento en horno de arco eléctrico (EAF)

A modo de ejemplo, el procesamiento en horno de arco eléctrico comprende las siguientes etapas:

- Cargar los materiales primarios con la adición de cal y carbono (grafito), y oxidar la fusión de los elementos metálicos;
- Objetivo de carga, por ejemplo: C entre 1,0 y 1,4, Si <0,5, Mn <0,4, Cr <0,7, Ni aproximadamente 3,5 y Mo aproximadamente 0,70, P <0,010, S <0,008, V <0,50, en porcentajes en peso de la composición total;
- Oxidación por ejemplo, hasta aproximadamente 1.500 °C;
- Defosforación para asegurar un contenido de fósforo ≤ 40 ppm;
- Clarificación cuidadosa de la escoria hasta aproximadamente 1.580 °C;
- Adición de cal + CaF₂ y calentar hasta alcanzar aproximadamente 1.600 °C;
- Descarburación: soplar oxígeno para obtener por ejemplo:

0,150 <C <0,200%, Mn <0,08%, Si <0,030%, P ≤ 40 ppm;

- Calentar hasta aproximadamente 1700 °C
- Clarificar la escoria y medir la actividad de O₂ (<400 ppm)).

La medición de la actividad de O₂ se realiza por ejemplo por la columna electroquímica.

1.4 Transferencia de colada por cuchara:

Esta etapa elimina especialmente la escoria oxidada del horno y asegura un control de los contenidos de manganeso, silicio y aluminio.

Esta etapa no comprende ninguna desoxidación del acero o la adición de carbono (grafito) y el objetivo es una actividad de O₂ de menos de 100 ppm.

1.5 Transferencia cuchara a cuchara en la cuchara de proceso de VAD, con la adición inicial de escoria a la base de la cuchara de proceso de VAD.

- composición de la escoria: cal (por ejemplo, de aproximadamente el 50 al 70%), CaF₂ (por ejemplo, de aproximadamente el 5 al 10%), y alúmina (por ejemplo, de aproximadamente el 10 al 20%) a la base de la cuchara VAD;
- Transferencia cuchara a cuchara: parar antes del paso de la escoria de horno.

1.6 Proceso de VAD: desgasificación en arco al vacío en la cuchara de calentamiento al vacío (APCV)

Esta etapa comprende:

a) Proceso de VCD: desoxidación de carbono al vacío (Desoxidación de Carbono al Vacío) para asegurar la máxima desoxidación del acero por la reacción: $C + O \rightarrow CO$, evitando de esta manera la precipitación de inclusiones metálicas.

Este procesamiento comprende especialmente medir la actividad de O₂, así como, al menos, calentar a una temperatura de más de 1.600 °C.

b) desoxidación de escoria: la adición del complemento de escoria para ajustar su composición y la desoxidación de este último con carbono, aluminio y sílice-calcio (SiCa) para asegurar contenidos tales como, por ejemplo: Silicio <0,050% y aluminio <0,010%, garantizando una actividad del contenido de oxígeno <10 ppm.

- la composición de la escoria puede ser esencialmente: cal (por ejemplo, de aproximadamente el 50 al 70%), CaF₂ (por ejemplo, de aproximadamente el 5 al 10%), y Al₂O₃ (por ejemplo, de aproximadamente el 10 al 20%) que se desoxida por la adición de, por ejemplo, SiCa (por ejemplo, aproximadamente 2/3), y Al (por ejemplo, aproximadamente 1/3), y carbono (grafito) ajustado a alcanzar por ejemplo C>0,350%.
- calentar por ejemplo a aproximadamente 1.600 °C y medir la actividad de oxígeno (<10 ppm).

c) Regulación analítica: para garantizar los objetivos analíticos, que incluyen los de carbono, manganeso y silicio

- Calentar hasta, por ejemplo, 1.630/1.650 °C;
- Adiciones de control analítico: Mn, Cr, Ni, Mo, C, V;
- Calentar hasta, por ejemplo, una temperatura por encima de 1.620 °C;
- Medir la actividad de O₂ (<10 ppm).

d) Desgasificación final: disminuir el contenido de hidrógeno a un contenido de menos de 1,2 ppm para evitar cualquier riesgo posterior de los defectos del tipo de «grietas finas» o de otros en el producto después del forjado.

Estos se pueden usar en particular:

- la desgasificación durante un período mayor de aproximadamente 15 min a una presión (P) de menos de 1,33 mbar (aproximadamente 1 torr);
- el calentamiento hasta aproximadamente 1.600 °C - la medición de la actividad de O₂ (<10 ppm);
- el control del contenido de dihidrógeno por sonda HydriSS.

e) Decantación final:

- La decantación se lleva a cabo para asegurar la eliminación de inclusiones metálicas durante un período mayor a 15 min a una presión de aproximadamente 700 mbar y una temperatura de aproximadamente 1.570 °C antes de la colada en lingotes.

Todas las etapas del proceso de VAD se realizan bajo un vacío parcial (por ejemplo, de aproximadamente 700 mbar) para evitar cualquier re-oxidación del metal; el proceso se controla mediante la medición de la actividad de oxígeno (<10 ppm) a lo largo de las diferentes etapas, y el proceso de VCD inicial permite el control del estado de oxidación del acero para bajos contenidos de Mn (<0,050%), Si (<0,050%) y el contenido de aluminio de menos del 0,012%.

El procesamiento de desgasificación final asegura al mismo tiempo un contenido de azufre (<10 ppm) y de dióxigeno (<15 ppm) muy bajos así como un bajo contenido de dihidrógeno (<1,2 ppm) y de dinitrógeno <70 ppm).

La decantación final garantiza una limpieza de inclusión final considerable del acero.

2) Colada de lingotes en lingoteras:

Los lingotes o electrodos para la refusión se someten a colada por ejemplo en una fuente con protección de Argón

para evitar cualquier re-oxidación del metal durante la colada en lingoteras.

Los electrodos para la refusión ESR o VAR se nivelan preferentemente para asegurar una buena densidad antes de la refusión ESR o VAR, así como buena limpieza macrográfica de los lingotes.

La velocidad de colada está preferentemente controlada cuidadosamente para evitar cualquier riesgo de formación de grietas en la superficie de los electrodos.

3) Recocer los electrodos antes de la refusión esr o var:

Después de la solidificación completa los lingotes o electrodos se retiran del molde calientes y se enfrían lentamente en un horno o bajo tapas aisladas térmicamente hasta una temperatura de menos de aproximadamente 150-200 °C. Esta temperatura se mantiene durante aproximadamente 6 a 10 horas para asegurar toda la transformación martensítica completa del producto superficial.

Los lingotes o electrodos se llevan entonces de nuevo hasta una temperatura de aproximadamente 650 °C en aproximadamente 6 a 8 horas en un horno, después se mantienen a esta temperatura durante un mínimo de 24 h para ablandarlos. Los lingotes se enfrían después a aproximadamente 300 °C, como mínimo, a baja velocidad (por ejemplo <30 °C/h).

4) Preparación de electrodos:

Si los lingotes se han nivelado, la preparación de los electrodos para la refusión ESR o VAR se asegura mediante la eliminación de la tapa del cabezal del lingote (o electrodo) obtenido anteriormente.

5) Refusión del electrodo:

La refusión de los electrodos se realiza de acuerdo con el punto 5.1 ó 5.2:

5.1 La refusión ESR se lleva a cabo de acuerdo con el Ejemplo 1, para obtener preformas en forma de lingotes (por ejemplo de un diámetro de 735 mm).

5.2 La refusión VAR se lleva a cabo de acuerdo con el Ejemplo 2, para obtener preformas en forma de lingotes (por ejemplo de un diámetro de 640 ó 710 mm).

6) Recocido de lingotes esr o var:

El recocido es idéntico o similar al de la etapa 3.

Sin embargo, es posible tomar los lingotes para forjarlos inmediatamente después de mantenerlos a 650 °C.

7) Transformación: forjado y tratamiento térmico

Los lingotes resultantes se pueden transformar para proporcionar tubos que se pueden utilizar en el equipo presurizado, tal como un elemento de armas, tales como tubos de cañón, elementos de la culata, teniendo en consideración las propiedades mecánicas debido a la composición del acero y el proceso de fabricación.

Estos lingotes se pueden someter, en particular, a las siguientes etapas de transformación:

7.1 calentar los lingotes antes del forjado:

Los lingotes se calientan en varias etapas para disminuir las segregaciones del producto (por ejemplo, al menos 15 h);

7.2 Forjar los tubos (por ejemplo, de un diámetro interno de 120 mm) que comprenden al menos uno caliente;

7.3 Recocer después del forjado para mejorar la microestructura del acero (etapa de Normalización) y para evitar cualquier riesgo de grietas durante el enfriamiento (fase de enfriamiento en horno) y para evitar la aparición de «grietas» o «DCC» en los productos después del enfriamiento (DDH = Defectos Debido al Hidrógeno) con recocido de grietas finas cuando los lingotes ESR se han refundidos en escoria sólida.

7.4 El pre-forjado puede entonces realizarse en el perfil de tratamiento térmico que comprende el tratamiento térmico de calidad.

7.5 El tratamiento de calidad objeto es conferir a los tubos todas las propiedades mecánicas requeridas, optimizando el límite elástico/compromiso de elasticidad a -40 °C y K1c (o KQ) o J1c a -40 °C.

El enfriamiento en un líquido de severidad adaptada conduce a una estructura totalmente martensítica, evitando el riesgo de agrietamiento. Este tratamiento de calidad térmica comprende ventajosamente primero un templado por

ES 2 545 185 T3

encima de 500 °C en la máxima dureza; la realización de dos templados a temperaturas muy cercanas asegura una considerable homogeneidad de las características mecánicas a lo largo del tubo mejorando el nivel de elasticidad; la realización de dos templados y el horno de enfriamiento en horno lento después el templado final garantiza la rectitud final del tubo, y la ausencia de deformaciones durante el mecanizado final.

5

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una composición de preforma de acero después de la refusión ESR o VAR, que comprende esencialmente:
- Carbono: 0,37-0,42,
 Manganeseo: 0,060-0,130,
 Silicio: 0,040-0,120,
 Níquel: 3,00-4,00,
 10 Cromo: 1,30-1,80,
 Molibdeno: 0,70-1,00,
 Vanadio: 0,25-0,30,
 Aluminio: \leq 0,015,
 Hierro: resto
 15 en porcentajes en peso de la composición total, así como las impurezas inevitables que incluyen nitrógeno <70 ppm, oxígeno <30 ppm y dihidrógeno <2 ppm.
2. Un proceso de fabricación de una preforma de acero que comprende refusión por arco al vacío (VAR - Refusión por Arco al Vacío), teniendo dicha preforma una composición que comprende esencialmente, después de la refusión VAR:
- Carbono: 0,37-0,42,
 Manganeseo: 0,060-0,130,
 Silicio: 0,040-0,120,
 25 Níquel: mayor de 3,00 y menor de o igual a 4,00, y preferentemente 3,50-3,80,
 Cromo: 1,30-1,80, y preferentemente 1,50-1,70,
 Molibdeno: 0,70-1,00,
 Vanadio: 0,25-0,30,
 Aluminio: \leq 0,015 y preferentemente < 0,012,
 30 Hierro: resto
 en porcentajes en peso de la composición total, así como las impurezas inevitables que incluyen nitrógeno (preferentemente <70 ppm), oxígeno (preferentemente <30 ppm) y dihidrógeno (preferentemente <2 ppm).
3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** comprende, antes de la VAR, un trabajado del tipo VAD (desgasificación de Arco al Vacío), que comprende preferentemente el procesamiento de VCD (Desoxidación de Carbono al Vacío) que comprende medir la actividad de oxígeno, la adición de un complemento de escoria para ajustar la composición del electrodo antes de la refusión VAR para asegurar contenidos de silicio de menos del 0,050%, de aluminio de menos del 0,012%, asegurando al mismo tiempo un contenido de actividad de dióxígeno de menos de 10 ppm, la desgasificación final para obtener especialmente un contenido de dihidrógeno <1,2 ppm, y la decantación final para asegurar la eliminación de inclusiones metálicas.
4. El proceso de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** comprende, antes del trabajado del tipo VAD, un proceso para transferir el metal sin llevar la escoria del horno eléctrico, preferentemente una transferencia cuchara a cuchara.
- 45 5. El proceso de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** comprende, antes de la transferencia de cuchara a cuchara, un procesamiento en horno de arco eléctrico.
6. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizado por que** comprende, después de la refusión al vacío (VAR), recocido que comprende al menos mantener una temperatura durante un período adecuado para asegurar esencialmente de forma completa la transformación martensítica de la composición de la preforma obtenida después de la refusión de escoria o al vacío.
7. El proceso de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que**, después del recocido, comprende la transformación de la preformas mediante forjado, seguido por el tratamiento térmico para obtener un acero que tiene esencialmente una estructura totalmente martensítica.
8. Una composición de acero obtenible mediante un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, comprendiendo dicha composición esencialmente, después de la refusión VAR:
- 60 Carbono: 0,37-0,42,
 Manganeseo: 0,06-0,130,
 Silicio: 0,04-0,120,
 Níquel: 3,00-4,00,
 Cromo: 1,30-1,80,
 65 Molibdeno: 0,70-1,00,

ES 2 545 185 T3

Vanadio: 0,25-0,30,

Aluminio: $\leq 0,015$,

Hierro: resto

5 en porcentajes en peso de la composición total, así como las impurezas inevitables que incluyen dinitrógeno <70 ppm, dióxígeno <30 ppm y dihidrógeno <2 ppm.

9. Preforma de acero obtenible mediante un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7.

10 10. Uso de una preforma tal como se define en la reivindicación 9, para la fabricación de un elemento del equipo presurizado, y especialmente tubos de cañones.

11. Un elemento del equipo presurizado, y especialmente un tubo de cañón, que tiene la composición de la reivindicación 1 y que soporta una presión de 4.000 a 10.000 bares (400 MPa a 1000 MPa).

15