

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 530**

51 Int. Cl.:

C21D 6/00	(2006.01)
C21D 8/10	(2006.01)
B21B 21/00	(2006.01)
B21C 1/22	(2006.01)
C22C 38/42	(2006.01)
C22C 38/44	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.04.2016 PCT/EP2016/057831**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2016 WO16162525**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2016 E 16718275 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3280826**

54 Título: **Un procedimiento para producir un tubo de acero inoxidable doble**

30 Prioridad:

10.04.2015 EP 15163187

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

21.10.2020

73 Titular/es:

**SANDVIK INTELLECTUAL PROPERTY AB
(100.0%)
811 81 Sandviken, SE**

72 Inventor/es:

**PONSILUOMA, JARI;
HINDRUM, MARIA;
EIDHAGEN, JOSEFIN;
PERSSON, KATARINA;
JONES, RUSSELL P. y
LARSSON, ÅSA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 788 530 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

Un procedimiento para producir un tubo de acero inoxidable doble

Campo técnico

5 La presente descripción se refiere a un procedimiento para producir un tubo de acero inoxidable doble, en particular un acero inoxidable doble adecuado para su uso en sistemas de inyección de combustible para inyección de combustible en la cámara de combustión de un motor de combustión.

Antecedentes

10 En relación con el diseño de los sistemas de inyección directa de gasolina (GDI, del inglés, Gasoline Direct Injection) para la industria automotriz, se ha sugerido usar acero inoxidable doble para los rieles utilizados para conducir el combustible que se inyectará en la cámara de combustión de un motor de combustión.

15 Los requisitos sobre un tubo para ser utilizado como un riel GDI son varios y deberán tenerse en cuenta al diseñar el acero inoxidable doble que se utilizará en dicha aplicación. Por lo tanto, es importante seleccionar una composición química del acero inoxidable doble que, junto con un procedimiento de fabricación de tubos correctamente elegido, de como resultado una relación austenita/ferrita predeterminada, una resistencia a la corrosión solicitada (resistencia a la corrosión general, así como a la corrosión por picadura), una microestructura esencialmente sin fases intermetálicas, en particular fase sigma y nitruros de cromo, una resistencia al impacto predeterminada, una resistencia a la tracción predeterminada y una resistencia a la fatiga predeterminada.

20 Además, las propiedades mecánicas del acero doble deberían ser tales que el tubo obtenido presente una presión de ruptura predeterminada, es decir, presión interna hasta el fallo, que sea lo suficientemente alta para la aplicación prevista, también cuando el grosor de la pared del tubo sea relativamente pequeño, lo que permite un riel GDI que requiere menos espacio y peso. Las propiedades de corrosión y fatiga deberán garantizar la resistencia del tubo a lo largo del tiempo.

25 El diseño de un acero inoxidable doble y el procedimiento de producción de un tubo que se supone que cumple con los requisitos de un riel GDI es, por lo tanto, una tarea compleja. La composición química seleccionada y los parámetros del procedimiento de producción deberán ajustarse entre sí. En consecuencia, una vez que se haya decidido una composición química nominal para el acero inoxidable doble, los parámetros del procedimiento de producción también deberán seleccionarse con respecto al mismo. La composición química del acero inoxidable doble también deberá promover un procedimiento de producción rentable. En otras palabras, la composición química no deberá ser tal que requiera etapas de producción excesivamente complicados, que consuman energía o tiempo. Tal ejemplo se da en JP S 63255322.

30

35 El aspecto de la presente descripción es presentar un procedimiento para producir un tubo de acero inoxidable doble que permita la producción de un tubo de dicho acero inoxidable doble que presente propiedades que hagan que el tubo sea adecuado para aplicaciones en las que existen altos requisitos de resistencia a la corrosión (resistencia contra la corrosión general, así como contra la corrosión por picadura), una resistencia al impacto predeterminada, una resistencia a la tracción predeterminada y una resistencia a la fatiga predeterminada.

40 Una de estas aplicaciones es un riel GDI para conducir el combustible que se inyectará en la cámara de combustión de un motor de combustión. El acero inoxidable doble de dicho tubo debería presentar una microestructura esencialmente sin fases intermetálicas, en particular fase sigma y nitruros de cromo. La composición química del acero inoxidable doble permitirá la producción rentable de un tubo del mismo en términos de promover el uso de etapas de procedimiento rentables.

Resumen

Los aspectos mencionados anteriormente se logran mediante la presente descripción, que proporciona un procedimiento para producir un tubo de acero inoxidable doble como el de la reivindicación 1.

45 Por lo tanto, se ha encontrado esta para alcanzar las propiedades óptimas del material, la temperatura de recocido, el tiempo de recocido y la atmósfera de recocido. Se ha encontrado que la temperatura de recocido deberá estar en el intervalo de 950 a 1060 °C y la atmósfera deberá comprender una mezcla de gases de 1-6 % en volumen de nitrógeno y el resto se selecciona de entre H₂ o un gas inerte y el recocido deberá realizarse en un período de tiempo comprendido entre 0,3 y 10 minutos.

50 Si se utilizan temperaturas de recocido más bajas, existe el riesgo de formar precipitados no deseados, como las fases intermetálicas. Además, la recristalización será más lenta y, por lo tanto, se requerirá un mayor tiempo de remojo para completar la recristalización, lo que tendrá un efecto negativo en la productividad.

En principio, el límite superior de temperatura para la etapa de recocido se establece por la temperatura a la cual el acero inoxidable doble comenzará a derretirse. Sin embargo, también hay razones prácticas por las cuales la temperatura de recocido deberá restringirse aún más. A temperaturas superiores al intervalo proporcionado, el acero

inoxidable doble se volverá más blando, lo que aumentará el riesgo de daños durante la etapa de recocido. Además, a altas temperaturas, el crecimiento del grano aumentará, lo que hará más difícil obtener un buen procedimiento y un control del tamaño del grano.

5 También es muy importante usar una temperatura de recocido que equilibre la fracción de fase, una temperatura demasiado baja dará como resultado un contenido de ferrita demasiado bajo y una temperatura demasiado alta proporcionará un contenido de ferrita demasiado alto. La temperatura de la etapa de recocido también influirá en la composición química de la fase de ferrita y austenita, por lo que la temperatura de recocido deberá equilibrarse junto con la composición química para garantizar que ambas fases tengan una buena resistencia a la corrosión.

10 El período de tiempo durante el cual el tubo se somete a la temperatura de recocido deberá estar comprendido entre 0,3 y 10 minutos, como entre 0,3 y 5 minutos, como entre 0,3 a 2,5 minutos. Este período de tiempo deberá ser lo suficientemente largo para garantizar una recristalización completa. Sin embargo, si dicho período de tiempo es demasiado largo, el tubo obtenido tendrá una estructura gruesa que tendrá un efecto negativo en las propiedades mecánicas. Cuanto mayor sea el grosor de la pared del tubo, mayor será el tiempo de recocido. Se conciben grosores de pared comprendidos entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 5 mm.

15 Además, la atmósfera de la etapa de recocido es muy importante. Una atmósfera que comprenda nitrógeno afectará el contenido de nitrógeno en la superficie del acero inoxidable doble. Por lo tanto, la tarea del nitrógeno en la atmósfera es mantener el contenido de nitrógeno del material en la superficie. A la temperatura de recocido del presente procedimiento, el nitrógeno se difundirá dentro y fuera del material. El contenido de nitrógeno deberá seleccionarse de modo que se mantenga el contenido de nitrógeno en la superficie. Se ha encontrado que un contenido de nitrógeno demasiado bajo en la atmósfera donde se realiza el recocido dará como resultado una pérdida neta de nitrógeno en la superficie, lo que afectará negativamente a la resistencia a la corrosión y las propiedades mecánicas del acero inoxidable doble como se definió anteriormente o a continuación. También se ha encontrado que niveles de nitrógeno demasiado altos en la atmósfera donde se realiza el recocido dará como resultado un aumento de nitrógeno en la superficie del material durante el recocido y como el nitrógeno es un potente formador de austenita, un cambio en el contenido de nitrógeno puede influir en el equilibrio de fase. Por lo tanto, un alto contenido de nitrógeno en la atmósfera proporcionará la formación de austenita en la superficie. El contenido de nitrógeno en la superficie del material también influirá en la estabilidad de la estructura con respecto a la sensibilidad de la formación de precipitados, como los nitruros de cromo. La formación de precipitados tendrá un impacto negativo en la resistencia a la corrosión del acero inoxidable doble como se definió anteriormente o más adelante.

30 El equivalente a la resistencia a la corrosión por picadura PRE (del inglés, pitting corrosion resistance equivalent) se define como $PRE = Cr (\% \text{ en peso}) + 3,3 Mo (\% \text{ en peso}) + 16 N (\% \text{ en peso})$. Un PRE de al menos aproximadamente 23,0 indica que, con la composición definida anteriormente, no se permite que los tres de entre el cromo, el molibdeno y el nitrógeno estén en sus mínimos simultáneamente, sino que deberán combinarse de manera que se obtenga el valor PRE definido. Según otra realización, el valor PRE es al menos aproximadamente 24,0. El término «aproximadamente» tal como se usa anteriormente y más adelante indica $\pm 10\%$ de un número entero.

Según una realización, el intervalo de temperatura de la etapa de recocido (etapa g) está comprendido entre 970 °C y 1040 °C. Según aún otra realización, dicho intervalo de temperatura está comprendido entre 1000 °C y 1040 °C.

Según una realización, dicha etapa de recocido comprende someter dicho tubo a dicha temperatura durante un período de tiempo comprendido entre 0,5 y 5 minutos, tal como entre 0,5 y 1,5 minutos.

40 Según una realización, el gas inerte es argón o helio o una mezcla de los mismos.

Según una realización, el contenido de gas nitrógeno en la mezcla de gases es igual o inferior al 4 % en volumen. Según otra realización, el contenido de gas nitrógeno en dicha mezcla de gases es igual o inferior al 3 % en volumen. Según aún una realización, el contenido de gas nitrógeno en dicha mezcla de gases es igual o superior al 1,5 % en volumen.

45 Según una realización, dicha etapa de extrusión en caliente (etapa e) comprende someter dicho tubo a extrusión en caliente a una temperatura en el intervalo comprendido entre 1100 °C y 1200 °C y una reducción del área de la sección transversal del mismo en el intervalo comprendido entre el 92 y el 98 %. Según una realización, dicha etapa de extrusión en caliente (etapa e) comprende someter dicho tubo a extrusión en caliente a una temperatura en el intervalo comprendido entre 1100 °C y 1170 °C y una reducción del área de la sección transversal del mismo en el intervalo comprendido entre el 92 y el 98 %. La reducción del área de la sección transversal se define como $(\text{área de la sección transversal (del tubo) antes de la extrusión} - \text{área de la sección transversal después de la extrusión}) / (\text{área de la sección transversal antes de la extrusión})$. La temperatura de extrusión y el grado de deformación se eligen con respecto a la composición química del acero inoxidable doble de manera que no tenga un efecto perjudicial en la microestructura del acero inoxidable doble ni provoque grietas o similares en el mismo que pudiera ser perjudiciales para las propiedades mecánicas del producto final.

55 Según una realización, la etapa de deformación en frío (etapa f) comprende someter el tubo a deformación en frío sin precalentarlo. Según una realización, dicha etapa de deformación en frío (etapa f) comprende someter dicho tubo a una reducción del área de la sección transversal del mismo en el intervalo comprendido entre el 50 y el 90 %. La

ES 2 788 530 T3

5 reducción del área de la sección transversal se define como (área de la sección transversal (del tubo) antes de la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared menos el área de la sección transversal después de la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared) / (área de la sección transversal antes de la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared). La composición química del acero inoxidable doble se selecciona para permitir tal deformación en frío del mismo sin generación de grietas no deseadas en el material o efectos negativos perjudiciales en la microestructura del material.

Según una realización del procedimiento tal como se definió anteriormente o en lo sucesivo, la deformación en frío se realizar mediante la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared o estiramiento en frío.

10 Según una realización, cuando la deformación en frío se realiza mediante la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared, la relación entre la reducción del grosor de la pared y la reducción del diámetro exterior del tubo se expresa como el valor Q, donde

$$\text{Valor } Q = (\text{Wallh} - \text{Wallt}) * (\text{Odh} - \text{Wallh}) / \text{Wallh} ((\text{Odh} - \text{Wallh}) - (\text{Odt} - \text{Wallt})),$$

donde

15 Wallh = pared hueca = el grosor de la pared antes de la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared

Wallt = pared del tubo = el grosor de la pared después de la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared

Odh = diámetro exterior hueco = el diámetro del tubo antes de la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared

20 Odt = diámetro exterior del tubo = el diámetro del tubo después de reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared,

y donde Q se encuentra en el intervalo comprendido entre 0,5 y 2,5. Si la reducción del área es demasiado alta, la fuerza será demasiado alta y el material podría agrietarse.

Según aún otra realización, Q se encuentra en el intervalo comprendido entre 0,9 y 1,1.

25 Según una realización, dicho acero inoxidable doble presenta la siguiente composición, en % en peso:

C	0,01-0,025;
Si	0,35-0,6;
Mn	0,8-1,5;
Cr	21-23,5;
30 Ni	3,0-5,5;
Mo	0,10-1,0;
Cu	0,15-0,70;
N	0,090-0,25;
P	menor que o igual que 0,035;
35 S	menor que o igual que 0,003;

equilibrar Fe e impurezas inevitables.

40 Un acero inoxidable doble con esta composición química es particularmente adecuado para ser sometido a las etapas del procedimiento mencionadas anteriormente con los parámetros del procedimiento mencionados anteriormente. En otras palabras, las etapas y parámetros del procedimiento como se definieron anteriormente o en lo sucesivo se seleccionan para que sean particularmente adecuadas en un acero inoxidable doble con esta composición química y para dar como resultado un tubo con propiedades que lo hacen particularmente adecuado en una aplicación como riel GDI para la conducción de un combustible en un sistema de inyección de combustible para inyectar combustible en la cámara de combustión de un motor de combustión.

Según otra realización, el tubo es un tubo para la conducción de un combustible en un sistema de inyección de combustible para inyectar combustible en la cámara de combustión de un motor de combustión. La presente descripción puede, como alternativa, definirse como un procedimiento de producción de un conductor de combustible en un sistema de inyección de combustible para inyectar combustible en la cámara de combustión de un motor de combustión, donde dicho procedimiento comprende el procedimiento definido anteriormente y/o en adelante para producir un tubo de acero inoxidable doble. Tal procedimiento incluye unir el tubo de acero inoxidable doble a un miembro estructural adicional de dicho motor de combustión mediante soldadura fuerte. El miembro estructural adicional puede ser metal, normalmente acero doble o austenítico. El procedimiento de producción del tubo, incluida la selección de la composición química del acero inoxidable doble, también tiene como objetivo lograr un tubo con propiedades ventajosas de soldadura fuerte, en particular una baja susceptibilidad a la fragilidad inducida por metal líquido (LMIE, del inglés liquid metal induced embrittlement) provocada por la penetración de metal líquido. La soldadura fuerte incluye soldadura fuerte de cobre, posiblemente en un horno continuo a temperatura en el intervalo comprendido entre 1100 °C y 1140 °C.

Según una realización, el tubo presenta un diámetro exterior en el intervalo comprendido entre 15 y 35 mm después de dicha etapa de reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared. Según una realización, este tubo se usa como un riel GDI en un sistema de inyección de combustible para conducir el combustible que se inyectará en la cámara de combustión de un motor de combustión.

Según otra realización, el tubo presenta un diámetro exterior en el intervalo comprendido entre 7 y 10 mm después de dicha etapa de reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared. Según una realización, este tubo se usa como una línea de combustible en un sistema de inyección de combustible para conducir el combustible que se inyectará en la cámara de combustión de un motor de combustión.

Las funciones y los efectos de los elementos de aleación esenciales del acero inoxidable doble definidos anteriormente y a continuación se presentarán en los siguientes párrafos. La lista de funciones y efectos de los elementos de aleación respectivos no deberá considerarse completa, ya que puede haber otras funciones y efectos de dichos elementos de aleación. Sin embargo, proporciona una visión del conocimiento subyacente que deberá considerarse al diseñar el acero inoxidable doble, así como los parámetros de procedimiento de un procedimiento para la producción de un tubo de dicho acero inoxidable doble, en particular un tubo inoxidable doble destinado a la conducción de un combustible en un sistema de inyección de combustible para inyectar combustible en la cámara de combustión de un motor de combustión.

El **carbono**, C, tiene un efecto estabilizador de austenita y contrarresta la transformación de estructura austenítica a martensítica tras la deformación del acero inoxidable doble. El C tiene un efecto positivo en la resistencia del acero inoxidable doble. Por lo tanto, el contenido de C deberá ser igual o superior al 0,01 % en peso. Sin embargo, a niveles demasiado altos, el carbono tiende a formar carburos no deseados con otros elementos de aleación. Por lo tanto, el contenido de C no deberá ser superior al 0,06 % en peso. Según una realización, el contenido de C no deberá ser superior al 0,025 % en peso.

El **chromo**, Cr, tiene un efecto importante en la resistencia a la corrosión del acero inoxidable doble, especialmente en la corrosión por picadura. Según la presente divulgación, el valor PRE está por encima de 23,0. Además, el Cr mejora el límite elástico y contrarresta la transformación de la estructura austenítica a estructura martensítica tras la deformación del acero inoxidable doble. Por lo tanto, el contenido de Cr deberá ser igual o superior al 21,0 % en peso. A niveles altos, un contenido creciente de Cr da como resultado una temperatura más alta para la fase sigma estable no deseada y una generación más rápida de la fase sigma. Por lo tanto, el contenido de Cr es igual o inferior al 24,5 % en peso. El Cr también tiene un efecto estabilizador de ferrita en el acero inoxidable doble. Según una realización, el contenido de Cr es igual o inferior al 23,5 % en peso.

El **níquel**, Ni, tiene un efecto positivo en la resistencia contra la corrosión general. El Ni también tiene un importante efecto estabilizador de austenita y contrarresta la transformación de estructura austenítica a martensítica tras la deformación del acero inoxidable doble. El contenido de Ni es, por lo tanto, igual o superior al 2,0 % en peso. Según otra realización, el contenido de Ni es igual o superior al 3,5 % en peso. Hasta cierto punto, el efecto estabilizador de austenita del Ni puede compensarse ajustando el contenido de Cr. Sin embargo, el contenido de Ni no deberá ser mayor o igual al 5,5 % en peso.

El **silicio**, Si, a menudo está presente en el acero inoxidable doble, ya que puede haber sido utilizado para la desoxidación de la masa fundida de acero. El Si es un estabilizador de ferrita, pero también contrarresta la transformación de austenita a martensita en relación con la deformación del acero inoxidable doble. También puede mejorar la resistencia a la corrosión en algunos entornos. Sin embargo, el Si reduce la solubilidad del nitrógeno y el carbono y puede formar siliciuros no deseados si están presentes en niveles demasiado altos. Por lo tanto, según una realización, el contenido de Si en el acero inoxidable doble no es superior al 1,5 % en peso. Según una realización, el contenido de Si en el acero inoxidable doble no es superior al 0,6 % en peso. Según una realización, el contenido de Si puede ser tan bajo como aproximadamente un 0 % en peso. Según una realización, el contenido de Si deberá ser igual o mayor que el 0,35 % en peso.

5 El **molibdeno**, Mo, tiene una fuerte influencia en la resistencia a la corrosión del acero inoxidable doble. Influye de manera importante en el PRE del mismo. Se agrega Mo en una cantidad igual o mayor al 0,01 % en peso. También tiene un efecto estabilizador de ferrita en el acero inoxidable doble. Según una realización, el contenido de Mo está por encima del 0,10 % en peso. El Mo también aumenta la temperatura a la que las fases sigma no deseadas son estables y promueve la tasa de generación de las mismas. También es un elemento de aleación relativamente caro. Por lo tanto, el contenido de Mo deberá ser igual o inferior al 1,0 % en peso.

10 El **cobre**, Cu, tiene un efecto positivo sobre la resistencia a la corrosión. El Cu también contrarresta la transformación de austenita a martensita tras la deformación del acero inoxidable doble. Por lo tanto, es opcional agregar intencionadamente Cu al acero inoxidable doble. A menudo, el Cu está presente en los productos desechados utilizados para la producción de acero y se le permite permanecer en el acero a niveles moderados. Según una realización, el contenido de Cu puede ser igual o mayor que el 0,01 % en peso. Según otra realización, el contenido de Cu es igual o mayor que el 0,15 % en peso. Según una realización, el contenido de Cu es igual o inferior al 1,0 % en peso. Según otra realización, el contenido de Cu es igual o inferior al 0,7 % en peso.

15 El **manganeso**, Mn, tiene un efecto de endurecimiento por deformación en el acero inoxidable doble y contrarresta la transformación de estructura austenítica a martensítica tras la deformación del acero inoxidable doble. El Mn también tiene un efecto estabilizador de austenita. Según una realización, el contenido de Mn en el acero inoxidable doble deberá ser igual o superior al 0,8 % en peso. Sin embargo, el Mn tiene un impacto negativo en la resistencia a la corrosión en ácidos y ambientes que contengan cloruros y aumenta la tendencia a la generación de fases intermetálicas. Por lo tanto, el contenido máximo de Mn no deberá ser superior al 2,0 % en peso. Según una realización, el contenido de Mn es igual o inferior al 1,0 % en peso.

20 El **nitrógeno**, N, tiene un efecto positivo sobre la resistencia a la corrosión del acero inoxidable doble y también contribuye al endurecimiento por deformación. Tiene un fuerte efecto sobre el equivalente a la resistencia a la corrosión por picadura PRE. También tiene un fuerte efecto estabilizador de austenita y contrarresta la transformación de estructura austenítica a estructura martensítica tras la deformación plástica del acero inoxidable doble y, por lo tanto, se agrega en una cantidad de 0,05 % en peso o más. Según una realización, el contenido de N deberá ser igual o superior al 0,090 % en peso. A niveles demasiado altos, el N tiende a formar nitruros de cromo en el acero inoxidable doble, lo que deberá evitarse debido a su efecto negativo sobre la ductilidad y la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, el contenido de N debe ser igual o inferior al 0,3 % en peso. Según una realización, el contenido de N es igual o inferior al 0,25 % en peso.

25 El **fósforo**, P, es una impureza contenida en el acero inoxidable doble y es bien sabido que el P afecta negativamente a la trabajabilidad en caliente. Por consiguiente, el contenido de P se establece en 0,03 % en peso o menos.

30 El **azufre**, S, es una impureza contenida en el acero inoxidable austenítico y deteriorará la trabajabilidad en caliente. En consecuencia, el contenido permisible de S es menor o igual al 0,03 % en peso, tal como menor o igual al 0,005 % en peso.

35 El acero inoxidable doble como se define aquí anteriormente o en el presente documento puede comprender opcionalmente uno o más de los elementos siguientes seleccionados de entre el grupo de Al, V, Nb, Ti, O, Zr, Hf, Ta, Mg, Ca, La, Ce, Y y B. Estos elementos pueden agregarse durante el procedimiento de fabricación para mejorar, por ejemplo, la desoxidación, la resistencia a la corrosión, la ductilidad en caliente o la maquinabilidad. Sin embargo, como se conoce en la técnica, la adición de estos elementos deberá limitarse en función de qué elemento esté presente. Por lo tanto, si se agrega, el contenido total de estos elementos es menor o igual al 1,0 % en peso.

40 El término «impurezas» al que se hace referencia en la presente invención pretende referirse a sustancias que contaminarán el acero inoxidable doble cuando se produzca industrialmente debido a las materias primas como minerales y desechos, y debido a varios otros factores en el procedimiento de producción, y se permite la contaminación dentro de los intervalos que no afecten negativamente al acero inoxidable doble como se define en la presente invención anteriormente o más adelante.

45 La presente divulgación se ilustra adicionalmente mediante los ejemplos no limitantes siguientes.

EJEMPLOS

Se hicieron dos fundidos con las composiciones siguientes: Fe es el equilibrio para ambos

No	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	N
1	0,02	0,5	1,5	<0,035	<0,010	22,2	3,3	0,25	0,25	0,15
2	0,01	0,53	1,09	0,026	<0,003	22,88	3,15	0,12	0,21	0,25

50 Las masas fundidas obtenidas se procesaron en consecuencia:

ES 2 788 530 T3

Se fundieron a los cuerpos mediante el uso de fundición continua.

5 Luego se formaron barras redondas mediante forjado y los tubos se formaron perforando un agujero en el mismo. Luego se redujo el diámetro de los tubos mediante el uso de extrusión en caliente a una temperatura en el intervalo comprendido entre 1120 °C y 1150 °C, los tubos obtenidos tuvieron una reducción del área de la sección transversal del 96-98 %. La extrusión en caliente fue seguida de decapado para eliminar las perlas de vidrio.

El diámetro se redujo aún más mediante reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared y sometiendo los tubos a una reducción del área de la sección transversal de los mismos en el intervalo comprendido entre el 80 y 86 %.

10 Los tubos sometidos a la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared se recocieron en una atmósfera que consiste en una mezcla de gases que comprende aproximadamente 2 % de gas nitrógeno y gas argón restante y los tubos se sometieron a una temperatura de aproximadamente 1030 °C durante un período de tiempo de aproximadamente 1 minuto.

En la etapa de reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared, Q es aproximadamente 1,0.

15 Después del recocido, los tubos obtenidos se sometieron a una etapa de enderezamiento. El enderezamiento se realizó en una máquina enderezadora de rodillos con una combinación de flexión y ovalización. Los tubos se pasaron a través de una serie de rodillos angulados que giraron el tubo y le aplicaron una serie de movimientos de flexión. Durante el enderezamiento, se excede el límite elástico para obtener un cambio permanente de forma y obtener un tubo recto.

20 Los tubos obtenidos tenían un diámetro exterior de 30 mm y los tubos se utilizarán como un riel GDI en un sistema de inyección de combustible para conducir el combustible que se inyectará en la cámara de combustión de un motor de combustión.

25 También se fabricó un tubo adicional de masa fundida 1 según el procedimiento descrito anteriormente. Este tubo presentaba un diámetro exterior de 8 mm después de la etapa de reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared. Este tubo también se usó como una línea de combustible en un sistema de inyección de combustible para conducir el combustible que se inyectará en la cámara de combustión de un motor de combustión.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir un tubo de acero inoxidable doble que comprende la composición siguiente, en % en peso,

	C	máx. 0,06;
5	Cr	21-24,5;
	Ni	2,0-5,5;
	Si	máx. 1,5;
	Mo	0,01-1,0
	Cu	0,01-1,0;
10	Mn	máx. 2,0;
	N	0,05-0,3;
	P	máx. 0,04;
	S	máx. 0,03; y

equilibrar Fe e impurezas inevitables,

15 y tener un valor PRE de al menos 23,0,

donde el procedimiento comprende las etapas de:

- a) proporcionar una fusión del acero inoxidable doble;
- b) fundir un cuerpo del acero inoxidable doble a partir de la masa fundida;
- c) formar una barra del cuerpo;
- 20 d) formar un tubo a partir de barra al generar un agujero en el mismo;

e) reducir el diámetro y/o el grosor de la pared del tubo por extrusión en caliente a una temperatura en el intervalo comprendido entre 1100 °C y 1200 °C y una reducción del área de la sección transversal en el intervalo comprendido entre el 92 y el 98 %;

25 f) reducir aún más el diámetro y/o el grosor de la pared del tubo por deformación en frío al someter al tubo a una reducción del área de la sección transversal en el intervalo comprendido entre el 50 y el 95 %, y

g) recocer el tubo deformado en frío;

30 donde después de la etapa g), el acero inoxidable doble del tubo obtenido consiste en 40-60 % de austenita y 40-60 % de ferrita y donde la etapa g) comprende someter dicho tubo a una temperatura en el intervalo comprendido entre 950 °C y 1060 °C durante un período de tiempo de 0,3 a 10 minutos y a una atmósfera que consiste en una mezcla de gases que comprende 1-6 % en volumen de gas nitrógeno y el resto es FL o un gas inerte.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, donde dicha temperatura está comprendida en el intervalo entre 970 °C y 1040 °C.

3. El procedimiento según la reivindicación 1, donde dicha temperatura está comprendida en el intervalo entre 1000 °C y 1040 °C.

35 4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde dicha etapa de recocido comprende someter dicho tubo a dicha temperatura durante un período de tiempo comprendido entre 0,5 y 5 minutos.

5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde dicho gas inerte es argón o helio o una mezcla de los mismos.

40 6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde el contenido de nitrógeno gaseoso en dicha mezcla de gases es igual o inferior al 4 % en volumen.

7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde el contenido de nitrógeno gaseoso en dicha mezcla de gases es igual o superior a 1,5 % en volumen.

8. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde la etapa f comprende someter, sin precalentamiento, el tubo a deformación en frío.

9. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde la deformación en frío se realiza mediante la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared.

5 10. Un procedimiento según la reivindicación 9, donde, en dicha etapa de reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared, la relación entre la reducción del grosor de la pared y la reducción del diámetro exterior del tubo se expresa como el valor Q, donde

Valor $Q = (Wallh - Wallt) * (Odh - Wallh) / Wallh ((Odh - Wallh) - (Odt - Wallt))$, donde

10 $Wallh =$ pared hueca = el grosor de la pared antes de la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared

$Wallt =$ pared del tubo = el grosor de la pared después de la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared

$Odh =$ diámetro exterior hueco = el diámetro del tubo antes de la reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared

15 $Odt =$ diámetro exterior del tubo = el diámetro del tubo después de reducción simultánea del diámetro exterior y del grosor de la pared,

y donde Q se encuentra en el intervalo comprendido entre 0,5 y 2,5.

11. Un procedimiento según la reivindicación 10, donde Q se encuentra en el intervalo comprendido entre 0,9 y 1,1.

20 12. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, donde dicho acero inoxidable doble comprende, en % en peso:

C 0,01-0,025;

Si 0,35-0,6;

Mn 0,8-1,5;

25 Cr 21-23,5;

Ni 3,0-5,5;

Mo 0,10-1,0;

Cu 0,15-0,70;

N 0,090-0,25;

30 P menor que o igual que 0,035;

S menor que o igual que 0,003;

equilibrar Fe e impurezas inevitables.

13. Uso de un tubo fabricado según el procedimiento

35 según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 para la conducción de un combustible en un sistema de inyección de combustible para inyectar combustible en la cámara de combustión de un motor de combustión.