

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 310**

51 Int. Cl.:

B22D 11/108 (2006.01)

B22D 11/11 (2006.01)

C21C 7/00 (2006.01)

C22C 38/18 (2006.01)

C22C 38/24 (2006.01)

C22C 38/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.09.2008 PCT/FR2008/001320**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.06.2009 WO09074736**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2008 E 08860262 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 2197608**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de aceros inoxidables de carbonitruros finos, y del producto obtenido a partir de este procedimiento**

30 Prioridad:

10.10.2007 EP 07291236

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

20.11.2018

73 Titular/es:

**APERAM STAINLESS FRANCE (100.0%)
Immeuble Cézanne 30 Avenue des fruitiers
93200 Saint-Denis , FR**

72 Inventor/es:

**DAMASSE, JEAN-MICHEL y
NAVEAU, PAUL**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 690 310 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 fabricación de aceros inoxidables de carbonitruros finos, y del producto obtenido a partir de este procedimiento

5

[0001] La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de aceros inoxidables estabilizados que permite obtener de forma económica una dispersión muy fina de carbonitruros después de la solidificación, con un riesgo mínimo de taponamiento de válvula durante la colada.

10 **[0002]** La invención se refiere asimismo a aceros inoxidables estabilizados, en colada continua, que presentan una dispersión muy fina de carbonitruros repartidos de forma homogénea. Para estabilizar estos aceros inoxidables, se procede a adiciones de elementos estabilizadores, en cuchara. Efectivamente, se sabe que una precipitación eventual de carburos de cromo en los bordes de grano puede conducir a un empobrecimiento local de cromo y, por tanto, a una sensibilización a la corrosión intergranular. Se utilizan entonces elementos tales como el
15 titanio, el circonio, el niobio, el vanadio que forman carburos, nitruros o carbonitruros más estables que los carburos de cromo, como elementos estabilizadores para fijar el carbono y el nitrógeno.

[0003] Las adiciones de titanio o de ferrotitanio en cuchara se hacen, por ejemplo, en forma de hilo tubular o de esponja. Sin embargo, existen inconvenientes a estas adiciones precoces, es decir al estado de la cuchara:

20

- dado el tiempo que transcurre entre las adiciones y la solidificación en lingotera, una parte de los precipitados tiene el tiempo de unirse y de aglomerarse dentro del metal líquido, que conduce a un aumento del tamaño medio de los precipitados y a la presencia de ciertos precipitados de tamaño más importante. Esto tiene una influencia nefasta en las propiedades mecánicas porque el inicio del daño ocurre en primer lugar sobre los precipitados de mayor tamaño.
25 Además, ciertos aglomerantes de precipitados pueden encontrarse sobre la piel de los semiproductos después de la colada y conllevar defectos de superficie que deben eliminarse por tratamientos mecánicos costosos.

- Por otro lado, se puede producir una oxidación parcial de los elementos estabilizadores y un cierto número de precipitados tienen tiempo para decantar, lo que disminuye notablemente el rendimiento de las adiciones de estos elementos.

30

[0004] Se ha considerado estabilizar los aceros inoxidables en el estado de la colada continua. La colada continua de acero es un procedimiento bien conocido: consiste en colar a partir de una cuchara un metal líquido en una artesa distribuidora destinada a regular el caudal y después a partir de este último, efectuar una colada en la parte superior de una lingotera de cobre sin fondo enfriada con agua y movida con un movimiento vertical
35 alternativo. Se extrae mediante rodillos el semiproducto solidificado de la parte inferior de la lingotera.

[0005] El acero líquido se introduce en la lingotera mediante un conducto tubular denominado válvula dispuesto entre la distribuidora y la lingotera.

40 **[0006]** Así se ha propuesto un dispositivo de colada que permite adiciones en el estadio de la lingotera, descrito en la patente EP269180 del Centro de Investigaciones Metalúrgicas: el metal líquido se cuele en la parte superior de una cúpula de material refractario de un órgano distribuidor. La forma de esta cúpula provoca un derramamiento del metal hacia su periferia, el derramamiento está desviado hacia la pared interna de la válvula o de un órgano tubular vertical intermedio. Así se crea en la parte central de la válvula bajo el órgano distribuidor un
45 volumen sin metal líquido dentro del cual es posible efectuar adiciones mediante un canal de inyección. El dispositivo así descrito lleva el nombre de válvula de chorro hueco o «Hollow Jet Nozzle».

[0007] Utilizando este dispositivo, la patente BE1014063 describe un procedimiento de adición de polvos metálicos para formar los óxidos durante la solidificación. Con este objeto, se cuele un acero que presente una tasa
50 de oxígeno disuelto (O_2) dada a partir del distribuidor hacia la lingotera, se efectúa una adición (M) de polvo metálico, se controla la relación M/O₂ y se mezcla el polvo con el metal líquido de forma que se formen óxidos metálicos.

[0008] Incluso si la formación de estos óxidos puede tener una función favorable aumentando la fracción de zona equiaxial sobre el semiproducto solidificado, este procedimiento no permite, sin embargo, aportar una
55 respuesta a la estabilización de los aceros inoxidables porque no afecta a la captura del carbono y del nitrógeno. La aplicación de un tal procedimiento a los aceros inoxidables no se menciona de hecho en esta patente.

[0009] La patente WO2006096942 describe una adición de nanopartículas de cerámica técnica dentro de una válvula de chorro hueco. Estas partículas de cerámica pueden ser óxidos, nitruros, carburos, boruros, siliciuros.

Estas partículas se caracterizan por una gran estabilidad térmica, tal que no interviene prácticamente ninguna reacción entre estas y el metal líquido. Sin embargo, este procedimiento es difícil de aplicar a causa de una aglomeración de las nanopartículas que tienen tendencia a formar partículas de mayor tamaño, provocando eventualmente los defectos antes mencionados. Una vez más, la aplicación de una tal técnica a los aceros 5 inoxidables no se menciona en la patente.

[0010] El objeto de la invención es proponer un procedimiento para la fabricación de aceros inoxidables estabilizados que presenten una dispersión fina y regular de nitruros y/o de carbonitruros. Se busca en particular obtener un gran número de precipitados finos, de tamaño inferior a 2,5 micrómetros, limitando el número de 10 precipitados gruesos de tamaño superior a 10 micrómetros.

[0011] Otro objeto de la invención es proponer un procedimiento que presente una mejor eficacia en cuanto al rendimiento de las adiciones de elementos estabilizadores, comparados con los procedimientos de adición en 15 cuchara.

[0012] Otro objeto de la invención es disponer de un procedimiento que permita minimizar el riesgo de taponamiento de las válvulas en colada continua de aceros inoxidables.

[0013] Otro objeto de la invención es disponer de semiproductos de aceros inoxidables que presentan una 20 estructura de solidificación equiaxial al salir de la colada continua, incluso sin aplicación de técnicas de agitación electromagnética.

[0014] Otro objeto de la invención es disponer de semiproductos de aceros inoxidables que presentan una buena homogeneidad en una sección transversal con respecto a la dirección de colada continua. 25

[0015] Así la invención tiene por objeto un procedimiento de fabricación de un semiproducto de acero inoxidable estabilizado que comporta una etapa de colada mediante una válvula de chorro hueco dispuesta entre una artesa distribuidora y una lingotera de colada continua, en la que la válvula comprende en su parte superior un órgano distribuidor que permite desviar el metal líquido que llegue a la entrada de la válvula, definiendo así un 30 volumen interior sin metal líquido. El procedimiento se caracteriza porque se suministra, en forma de metal líquido en la artesa distribuidora, un acero inoxidable no estabilizado que no contiene precipitados de nitruros, de carburos y de carbonitruros, después se cuela el metal líquido mediante la válvula efectuando simultáneamente una adición de polvo metálico en el volumen interior del chorro hueco, el polvo metálico contiene al menos un elemento que permite la estabilización del acero inoxidable, la adición se realiza a una temperatura del acero líquido comprendida entre 35 $T_{\text{liquidus}}+10\text{ °C}$ y $T_{\text{liquidus}}+40\text{ °C}$. Se solidifica el metal líquido, la solidificación empieza menos de 2 segundos a partir de la adición, para obtener el semiproducto.

[0016] La invención también tiene por objeto un procedimiento según una de las realizaciones anteriores caracterizado porque el elemento que permite la estabilización se elige entre uno o varios de los siguientes 40 elementos: titanio, niobio, circonio, vanadio.

[0017] Preferentemente, el elemento que permite la estabilización es el titanio, los contenidos de titanio, carbono y nitrógeno del acero inoxidable, expresados en porcentaje másico, satisfacen: $Ti \geq 0,15 + 4(C+N)$

45 **[0018]** Según una realización particular, el acero es un acero inoxidable ferrítico, o inoxidable austenítico, o inoxidable martensítico o inoxidable austenoferrítico.

[0019] La invención también tiene por objeto un producto de acero inoxidable fabricado a partir de un semiproducto elaborado por un procedimiento según una de las realizaciones anteriores caracterizado porque el 50 elemento que permite la estabilización es el titanio y porque el número de precipitados de nitruros o de carbonitruros de titanio de tamaño inferior a 2,5 micrómetros es superior a $15\ 000/\text{cm}^2$.

[0020] El número de nitruros o de carbonitruros de titanio de tamaño superior a 10 micrómetros es preferentemente inferior a $50/\text{cm}^2$. 55

[0021] Según una realización preferida, la distancia media entre precipitados es inferior a 15 micrómetros.

[0022] Otras características y ventajas de la invención aparecerán mejor con la lectura de la descripción que sigue, dada a título de ejemplo y que se refiere a la figura 1 adjunta que representa esquemáticamente un ejemplo

de dispositivo para aplicar el procedimiento según la invención.

[0023] Otras características y ventajas de la invención aparecerán mejor durante la descripción que sigue, dada a título de ejemplo.

5

[0024] La invención que se va a exponer se dirige a una amplia gama de aceros inoxidables susceptibles de ser estabilizados por adiciones de titanio, de niobio, de circonio, de vanadio o de otros elementos estabilizadores, estos elementos se utilizan solos o en combinación.

10 **[0025]** En particular para la invención se utiliza para la fabricación de aceros inoxidables ferríticos del tipo X 3CrTi17, de composición según la norma NF.EN 10.088-1 y 2: C<0,050, Si<1,00 %, Mn<1,00 %, P<0,040 %, S<0,015 %, Cr:16,00-18,00 %, N<0,045 %, 0,15+4(C+N) <Ti<0,080 %, los contenidos se expresan en porcentaje másico.

15 **[0026]** El procedimiento según la invención es el siguiente:

- Se elabora mediante un procedimiento conocido en sí, un metal líquido destinado a la fabricación de acero inoxidable ferrítico, o inoxidable austenítico, o inoxidable martensítico o inoxidable austenoferrítico. En el estadio de la cuchara, antes de la colada, el acero líquido puede ser objeto de diferentes operaciones metalúrgicas:

20

- adiciones complementarias para la aleación del acero;
- desoxidación del metal líquido;
- agitación del baño con un gas neutro para garantizar la homogeneización térmica antes de la colada.

25 **[0027]** En este estado, incluso si el metal líquido puede contener eventualmente una baja cantidad de elemento que permite la estabilización del acero inoxidable, no interviene ninguna precipitación de este elemento. La adición principal del elemento estabilizador y su precipitación intervienen posteriormente, como se describe a continuación.

30 **[0028]** Se cuela a partir de la cuchara hacia la artesa distribuidora un metal líquido que contiene un contenido en nitrógeno N y en Carbono C, presentes en forma de elementos disueltos: la composición y la temperatura del metal líquido son tales que no existen precipitados de nitruros, carburos, carbonitruros, en estas condiciones. Los contenidos en carbono y en nitrógeno permiten ajustar las cantidades de elementos estabilizadores que se añadirán posteriormente.

35

[0029] La cuchara se cuela en una artesa distribuidora 1 que comporta un fondo con un dispositivo de cierre 2 cuya obturación más o menos completa permite regular el caudal hacia una válvula de colada 3. En este estadio, la temperatura del acero líquido no debe ser demasiado importante. Se verá en efecto más adelante que las adiciones efectuadas en la válvula de chorro hueco deben efectuarse a una temperatura que presente una distancia limitada respecto de la temperatura de liquidus (designada por $T_{liquidus}$) del acero.

40

[0030] Gracias a sus conocimientos generales y a las especificidades del dispositivo de colada que condicionan la pérdida de temperatura entre la artesa distribuidora y la válvula, el experto en la materia sabrá ajustar la temperatura de colada en función de las características de la invención expuestas a continuación.

45

[0031] Como se ha expuesto, el procedimiento según la invención necesita la utilización de una válvula de chorro hueco. Esta válvula comporta una cúpula distribuidora 4 de material refractario agujereado con uno o varios canales de inyección que desembocan en la parte inferior central de la cúpula en forma de tubos de inyección 5. Así, es posible añadir un polvo metálico arrastrado por un gas vector. El polvo inyectado 6 se mezcla con el metal líquido que ha sido desviado por la parte superior de la cúpula hacia las paredes de la válvula o de un órgano tubular intermedio entre la válvula propiamente dicha y la artesa distribuidora.

50

[0032] La alimentación en polvo se realiza por uno o varios tubos 7 conectados a su vez a uno o varios depósitos 8. La parte superior 9 de estos depósitos de polvo se pone bajo presión gracias a un gas neutro vector tal como el argón, lo que permite proteger el polvo de la oxidación. Un caudal de gas adaptado fuerza al polvo a derramarse hacia la válvula de chorro hueco con un caudal que corresponde a la cantidad que se desea añadir. El derramamiento del polvo también puede estar facilitado por un dispositivo mecánico como un tornillo sin fin. La granulometría del polvo debe elegirse de forma que garantice un derramamiento fácil entre los depósitos y la válvula así como una fusión casi inmediata en el metal líquido. Así, una granulometría esférica, de tamaño comprendido

55

entre 100 y 200 micrómetros, se adaptada bien a estas exigencias.

[0033] Este polvo contiene uno o varios elementos metálicos destinados a garantizar la estabilización del acero inoxidable, así:

5

- el titanio, que puede utilizarse puro o en forma de ferrotitanio por razones de coste. Estas adiciones están destinadas a formar nitruros de titanio TiN de una gran estabilidad o carbonitruros Ti(C,N);
- el circonio, que también forma nitruros y carbonitruros muy estables;
- el niobio, destinado esencialmente a formar carbonitruros Nb(C,N);

10 - el vanadio, que también forma carbonitruros.

[0034] Se pueden mezclar naturalmente polvos de estos elementos metálicos de forma que realicen una combinación particular tal como por ejemplo una biestabilización titanio-niobio. Es posible asimismo mezclar los polvos anteriores con ferroaleaciones o polvo de hierro con el objetivo de reducir la temperatura de sobrecalentamiento a la salida de la válvula de chorro hueco de forma que aumente la fracción de zona equiaxial del semiproducto tras solidificación.

15

[0035] Simultáneamente a la colada, se efectúa la adición del polvo que comporta el o los elementos estabilizadores en un metal líquido con una temperatura comprendida entre $T_{\text{liquidus}}+10^{\circ}\text{C}$ y $T_{\text{liquidus}}+40^{\circ}\text{C}$. Este rango particular de temperatura de adición permite a la vez:

20

- obtener una precipitación fina e intensa de nitruros y de carbonitruros;
- favorecer la solidificación en forma equiaxial.

25

[0036] Cuando la temperatura de adición es demasiado elevada respecto al liquidus, el tiempo que transcurre entre la formación de los nitruros o de los carbonitruros y el final de la solidificación crece, lo que conlleva un aumento de su tamaño, fenómeno no deseado.

30

[0037] Sin embargo, cuando la temperatura de adición es demasiado débil respecto al liquidus, el procedimiento se vuelve más sensible a una variación involuntaria de los parámetros de fabricación, existe un riesgo de taponamiento de la válvula.

35

[0038] Desde la adición dentro de la válvula de chorro hueco, el elemento estabilizador se funde por contacto del metal líquido en unas décimas de segundo. Como el polvo está protegido de la oxidación por el gas neutro hasta su contacto con el metal líquido, el rendimiento de la adición es elevado.

40

[0039] Se añade una cantidad suficiente de elementos estabilizantes para que el nitrógeno y el carbono se precipiten totalmente y para que el producto de solubilidad correspondiente a la formación de estos precipitados se alcance o se supere a la temperatura en que se realiza la adición. Los nitruros y/o los carbonitruros precipitan entonces inmediatamente en una forma muy fina.

45

[0040] Después de la adición, se empieza la solidificación del metal líquido en menos de 2 segundos, que empieza sobre las paredes de la lingotera. Este tiempo de mantenimiento tan limitado de los precipitados en el metal líquido permite evitar un aumento de su tamaño. El experto en la materia sabrá adaptar los diferentes parámetros a su disposición tales como: altura del dispositivo de inyección respecto a la lingotera, caudal de inyección, utilización más o menos importante de intercambiadores térmicos, rapidez de extracción del semiproducto, temperatura de sobrecalentamiento, inyección complementaria de polvo de ferroaleación para acelerar la solidificación, para que el plazo entre la adición y el principio de la solidificación sea inferior a 2 segundos.

50

[0041] Una realización preferida se basa en la utilización de titanio con el objeto de formar una precipitación de nitruros y/o de carbonitruros finos y dispersados. Según la invención, los contenidos en titanio, en carbono y en nitrógeno del acero inoxidable, expresados en porcentaje másico son tales como: $\text{Ti} \geq 0,15 + 4(\text{C} + \text{N})$. En estas condiciones, la cantidad de titanio añadido permite una estabilización total del acero.

55

[0042] Una particularidad de los aceros inoxidables obtenidos según la invención reside en la gran homogeneidad de la dispersión de los nitruros y de los carbonitruros con una distancia media entre precipitados más baja, tanto que se reduce una eventual sensibilización en razón de una zona empobrecida localmente.

[0043] Según otra realización preferida de la invención, los parámetros anteriores, y particularmente el caudal

de inyección de polvo y la temperatura de sobrecalentamiento, están adaptadas de forma que se obtenga una estructura de solidificación totalmente equiaxial en el semiproducto. Este último término designa, por ejemplo, un planchón (grosor del orden de 200 mm), un planchón delgado (grosor del orden de 50-80 mm), un planchón delgado (grosor del orden de 1-3 mm), una palanquilla sin deformar todavía mecánicamente en caliente. Una tal estructura equiaxial es particularmente ventajosa en el ámbito de los aceros inoxidables ferríticos para minimizar el defecto de estriado («roping»). Se sabe que este defecto se manifiesta por la formación de irregularidades de superficie después de embutición paralela a la dirección de laminado. Se debe a la presencia de estructuras heterogéneas antes del laminado en frío y recocido, que a su vez resultan de estructuras de solidificación columnar.

10 **[0044]** La adición de polvo resulta ser ventajosa para obtener una estructura totalmente equiaxial porque los precipitados tienen la función de sitios de germinación, impidiendo así la formación de una solidificación de tipo columnar o basáltica menos favorable. La invención permite, por tanto, evitar eventualmente utilizar técnicas de agitación electromagnética que se utilizan habitualmente con este fin.

15 **[0045]** Después de la fabricación del semiproducto, este puede ser laminado en frío o en caliente, decapado, recocido, según los procedimientos convencionales, para obtener así un producto que puede tomar formas variadas como banda en caliente, chapa delgada, o producto largo de formas diversas.

20 **[0046]** A falta de tratamiento de redisolución, las características de la precipitación son prácticamente idénticas en los semiproductos y los productos obtenidos a partir de estos semiproductos. Las ventajas conferidas por la invención sobre los semiproductos se encuentran por tanto sobre los productos obtenidos. A título de ejemplo no limitativo, los siguientes resultados van a mostrar las características ventajosas conferidas por la invención.

Ejemplo

25 **[0047]** Se elaboraron dos coladas de acero inoxidable ferrítico estabilizadas con titanio, cuyas composiciones expresadas en porcentaje ponderal, figuran en la table 1. El acero A se elaboró según la invención en las condiciones que van a exponerse, el acero B se fabricó según una técnica de colada continua convencional.

30 **Tabla 1 Composiciones de los aceros**

	C	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	S	Ti	V	N
A	0,016	0,34	0,38	16,27	0,05	0,10	0,006	0,30	0,12	0,015
B	0,02	0,34	0,38	16,16	0,04	0,16	0,006	0,45	0,08	0,012
A= Fabricado según la invención										
B= Fabricado según una técnica convencional										

[0048] En la aleación B, la adición de titanio se realizó en cuchara, en forma de esponja de titanio.

35 **[0049]** En la elaboración de la aleación A según la invención, el metal líquido en la artesa distribuidora no contiene titanio. Este elemento se ha añadido en una buza de chorro hueco en forma de polvo de ferrotitanio (titanio 70 % hierro 30 %) de granulometría comprendida entre 100 y 200 micrómetros. La temperatura de adición del polvo es de $T_{\text{liquidus}}+35^{\circ}$ C. La solidificación del metal comienza menos de dos segundos después de la adición, en las paredes de la lingotera. Se realizaron diferentes coladas en forma de planchones según la invención sin que apareciera ningún problema de taponado de buza. Esto es una consecuencia de la precipitación tardía característica del procedimiento, del poco tiempo de mantenimiento de los precipitados en el metal líquido y una ventaja frente a los procedimientos de adición convencionales.

40 **[0050]** Después del laminado en caliente de los planchones para obtener bandas de 3 mm de grosor, se observó la presencia de precipitados de nitruros de titanio en secciones pulidas. La distribución de tamaño de estos precipitados se mide por análisis de imágenes según el procedimiento definido en la norma ASTM E1245. La densidad de los precipitados se expresa en número de precipitados por cm^2 .

[0051] Asimismo se midió la distancia media entre precipitados. Los resultados de estas mediciones son los siguientes:

50

Tabla 2: Características de distribución de los precipitados

	Número de TiN de tamaño inferior a 2,5µm (N/cm ²)	Número de TiN de tamaño superior a 10µm (N/cm ²)	Distancia media entre precipitados (micrómetros)
Acero A (invención)	17560	30	14,2
Acero B (referencia)	<u>9320</u>	<u>110</u>	<u>24,6</u>
Valores subrayados: no conformes a la invención			

5 **[0052]** Una densidad de precipitados finos (<2,5 µm) superior a 15 000/cm² garantiza un reparto muy homogéneo de los nitruros de titanio. De la misma forma, la captura del carbono y del nitrógeno se produce de forma muy completa y uniforme.

[0053] Una densidad de los precipitados gruesos (<10 µm) inferior a 50/cm² permite garantizar que no se producirá un inicio de la ruptura de forma prematura durante una sollicitación mecánica.

10 **[0054]** Estas dos características se observan en el acero fabricado según el procedimiento de la invención. Respecto a un procedimiento convencional, la invención permite multiplicar por un factor de aproximadamente 2 el número de precipitados finos y dividir por un factor de aproximadamente 3 el número de precipitados gruesos.

15 **[0055]** Se efectuaron observaciones en una sección transversal respecto a la dirección de colada sobre una banda de 1 m de largo y de 3 mm de grosor fabricada según la invención. Las mediciones realizadas en el centro, 1/3 anchura, 2/3 anchura y en el borde de la banda, revelan que la precipitación es muy uniforme. En particular, la distancia media entre precipitados es prácticamente idéntica entre el centro y la orilla de la banda. Los semiproductos o los productos fabricados según la invención presentan por tanto una gran homogeneidad de estructuras y de propiedades.

20 **[0056]** Además, la estructura de solidificación examinada sobre secciones pulidas y ataques transversales de planchones es totalmente equiaxial. La ausencia de zonas columnares se revela favorable para evitar el defecto de estriado. El rendimiento de la adición de titanio (relación entre el titanio presente en el producto final y el titanio añadido en forma de polvo) es del 95 al 100 % en el procedimiento según la invención. Este rendimiento es por tanto
25 muy superior al del procedimiento convencional, del orden del 60 %.

[0057] El procedimiento según la invención permite por tanto fabricar de forma económica y fiable aleaciones de acero inoxidable estabilizadas que presentan una dispersión muy fina de nitruros o de carbonitruros.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un semiproducto de acero inoxidable estabilizado que comporta una etapa de colada mediante una válvula de chorro hueco dispuesta entre una artesa distribuidora (1) y una lingotera de colada continua (10), dicha válvula comprende en su parte superior un órgano distribuidor (4) que permite desviar el metal líquido que llega a la entrada de dicha válvula, definiendo así un volumen interior sin metal líquido, **caracterizado porque:**
- se suministra en forma de metal líquido en dicha artesa distribuidora un acero inoxidable no estabilizado que no contiene precipitados de nitruros, de carburos y de carbonitruros, después;
 - se cuela el metal líquido mediante dicha válvula efectuando simultáneamente una adición de polvo metálico (6) en el volumen interior de dicho chorro hueco, dicho polvo metálico contiene al menos un elemento que permite la estabilización de dicho acero inoxidable, dicho al menos un elemento se elige entre el titanio, el circonio, el niobio, el vanadio, dicha adición se realiza a una temperatura del acero líquido comprendida entre $T_{\text{liquidus}}+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_{\text{liquidus}}+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, y en cantidad suficiente para que el nitrógeno y el carbono se precipiten completamente y para que el producto de solubilidad correspondiente a la formación de estos precipitados se alcance o se supere a la temperatura a la que se realiza la adición, después;
 - se solidifica dicho metal líquido, la solidificación de dicho metal líquido empieza menos de 2 segundos a partir de dicha adición, para obtener dicho semiproducto.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicho elemento que permite la estabilización es el titanio, los contenidos de titanio, carbono y nitrógeno del acero inoxidable, los contenidos están expresados en porcentaje másico, satisfacen a:
- $$\text{Ti} \geq 0,15 + 4(\text{C} + \text{N})$$
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado porque** el acero inoxidable es un acero inoxidable ferrítico, o inoxidable austenítico, o inoxidable martensítico o inoxidable austeno-ferrítico.
4. Producto de acero inoxidable fabricado a partir de un semiproducto elaborado por un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** su estructura de solidificación es totalmente equiaxial, porque el elemento que permite la estabilización es el titanio y porque el número de nitruros o de carbonitruros de titanio de tamaño inferior a 2,5 micrómetros es superior a 15 000/cm², y **porque** la distancia media entre precipitados es inferior a 15 micrómetros, y **porque** el número de nitruros o de carbonitruros de titanio de tamaño superior a 10 micrómetros es inferior a 50/cm².

FIGURA 1

