

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 519 045**

51 Int. Cl.:

G21C 3/30 (2006.01)

G21C 3/33 (2006.01)

G21C 7/10 (2006.01)

G21C 17/022 (2006.01)

G21C 21/02 (2006.01)

G21C 3/356 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2009 E 09164969 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014 EP 2146349**

54 Título: **Componentes de reactor nuclear que incluyen capas de materiales para reducir la corrosión aumentada en aleaciones de circonio usadas en conjuntos combustibles y procedimientos de los mismos**

30 Prioridad:

17.07.2008 US 219212

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

06.11.2014

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**LUTZ, DANIEL REESE;
KIM, YOUNG JIN y
LIN, YANG-PI**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 519 045 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

Componentes de reactor nuclear que incluyen capas de materiales para reducir la corrosión aumentada en aleaciones de circonio usadas en conjuntos combustibles y procedimientos de los mismos

Antecedentes

- 5 Las realizaciones a modo de ejemplo se refieren en general a reactores nucleares que incluyen componentes que tienen corrosión sombra reducida en aleaciones de circonio y procedimientos de los mismos.

De manera general, las plantas de energía nuclear incluyen un núcleo de reactor que tiene el combustible dispuesto en su interior para producir energía por fisión nuclear. Un diseño común en las plantas de energía nuclear es la disposición de combustible en una pluralidad de varillas de combustible unidas juntas, formando un conjunto combustible, o haz combustible, colocado dentro del núcleo del reactor. Estas varillas combustibles incluyen típicamente varios elementos que unen las varillas combustibles a componentes de conjunto en varios emplazamientos axiales a través de todo el conjunto.

10 Como se muestra en la figura 1A, un haz combustible convencional 10 de un reactor nuclear, tal como un reactor de agua en ebullición (RAE), puede incluir un canal exterior 12 que rodea a una placa de sujeción superior 14 y a una placa de sujeción inferior 16. Una pluralidad de varillas combustibles de cuerpo entero 18 y/o varilla combustibles de cuerpo parcial 19 pueden disponerse en una matriz dentro del haz combustible 10 y pasan a través de una pluralidad de espaciadores 20. Las varillas combustibles 18 y 19 se originan y terminan por lo general en las placas de sujeción superior e inferior 14 y 16, que discurren de manera continua por la longitud del haz combustible 10, con la excepción de las varillas de cuerpo parcial 19, que terminan todas en una posición vertical inferior de las varillas de cuerpo entero 18. La figura 1B ilustra un RAE 75 que incluye cuatro conjuntos combustibles 10 y una barra de control 15.

La corrosión se observa a habitualmente por ejemplo en el canal 12 fabricado en Zircalloys cuando, por ejemplo, una barra de control 15 construida con una carcasa exterior de acero inoxidable se coloca cerca del canal 12. Las Zircalloys son aleaciones de circonio de alta resistencia bien conocidas usadas habitualmente en reactores nucleares. La corrosión se puede encontrar también en revestimiento de combustible de Zircaloy en contacto con, o cerca de, componentes nucleares fabricados en aleaciones a base de níquel y/o hierro, por ejemplo, un espaciador 20 o un resorte espaciador (no mostrado). La corrosión, también conocida como corrosión "sombra", debilita los componentes de Zircaloy y reduce la vida útil de los componentes.

30 Con el fin de mitigar la corrosión "sombra", se conocen recubrimientos protectores por los documentos de patente US 2006/0045232 A1, EP 0 986 069 y WO 99/60576 A1. Estas capas de recubrimiento se forman sobre elementos estructurales que están situados adyacentes a componentes fabricados de Zircaloy y reducen la diferencia en el potencial electroquímico de corrosión de estos elementos.

Sumario

35 Las realizaciones a modo de ejemplo están destinadas a proporcionar un recubrimiento adherente delgado sobre las superficies de componentes de reactor nuclear que son conocidos para causar una corrosión aumentada sobre estructuras de aleaciones de circonio y los procedimientos para reducir la corrosión aumentada. Las realizaciones a modo de ejemplo incluyen recubrimientos unidos estructuralmente a componentes de manera que la diferencia en el potencial de corrosión entre un componente recubierto y un componente de aleación de circonio es inferior a la que se da entre un componente sin el recubrimiento y el componente de aleación de circonio.

40 Las realizaciones a modo de ejemplo incluyen reactores nucleares que comprenden un primer componente compuesto por al menos un material seleccionado entre aleaciones a base de níquel y aleaciones a base de hierro, y un segundo componente adyacente al primer componente. El segundo componente está compuesto por una aleación de circonio. Una capa de material se forma sobre al menos una superficie del primer componente. La capa de material está formada por un material diferente del primer componente de manera que se reduce una diferencia en el potencial electroquímico de corrosión entre el primer componente y el segundo componente, en el que la capa de material se selecciona entre uno de titanio, circonio, hafnio, itrio, escandio, aleaciones de los mismos, y óxidos de los mismos. Una capa también se forma entre la al menos una superficie del primer componente y la capa de material, incluyendo la capa también al menos uno de tántalo, óxidos de tántalo y aleaciones de tántalo.

50 Las realizaciones a modo de ejemplo incluyen también procedimientos para aumentar la resistencia a la corrosión de circonio en un conjunto combustible de reactor nuclear formando una capa de material sobre al menos una superficie de un primer componente adyacente a un segundo componente, de manera que se reduce una diferencia en el potencial electroquímico entre el primer componente y el segundo componente. La capa de material se selecciona entre uno de titanio, circonio, hafnio, itrio, escandio, aleaciones de los mismos y óxidos de los mismos. Una capa también se forma entre la al menos una superficie del primer componente y la capa de material, en el que la capa también incluye al menos uno de tántalo, óxido de tántalo y aleaciones de tántalo.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones a modo de ejemplo serán más evidentes describiendo, en detalle, los dibujos adjuntos, en los que los elementos similares están representados con los mismos números de referencia, los cuales se dan a modo de ilustración solo y en modo alguno limitan las realizaciones a modo de ejemplo del presente documento.

- 5 La figura 1A es una ilustración de un conjunto combustible de la técnica convencional.
La figura 1B es una ilustración de un RAE convencional que incluye cuatro conjuntos combustibles y una barra de control.
La figura 2A es una sección transversal de una superficie de un componente de reactor nuclear que tiene una capa de material delgada sobre el mismo.
- 10 La figura 2B es una sección transversal de una superficie de un componente de reactor nuclear que tiene una capa de material delgada y una capa tampón sobre el mismo según las realizaciones a modo de ejemplo.
La figura 3 es un gráfico del potencial electroquímico de corrosión respecto de la concentración de oxígeno para 304 SS, Zircaloy 2, y circonio puro.
- 15 La figura 4 es un gráfico del potencial electroquímico de corrosión respecto del tiempo de inmersión de un electrodo 204 SS recubierto de Zircaloy-2
La figura 5 es un gráfico que ilustra los resultados de un experimento que muestra una comparación de potencial de corrosión respecto del tiempo de inmersión de aleación de circonio y aleación de Fe-Cr-Ni recubiertas de TiO₂ utilizando UV para estimular la radiación experimentada durante el procesamiento nuclear.
- 20

Descripción detallada de realizaciones a modo de ejemplo

- A continuación se describirán varias realizaciones a modo de ejemplo más en detalle con referencia a los dibujos anexos en los cuales se ilustran algunas realizaciones a modo de ejemplo. En los dibujos, los espesores de las capas y regiones pueden exagerarse por motivos de claridad.
- 25

- En el presente documento se divulgan realizaciones ilustrativas detalladas. Sin embargo, los detalles específicos estructurales y funcionales divulgados en el presente documento son meramente representativos con el objeto de describir realizaciones a modo de ejemplo. La presente invención puede, sin embargo, materializarse en muchas formas alternativas dentro del alcance de las reivindicaciones anexas y no cabe interpretar que se limitan solo a las realizaciones a modo de ejemplo expuestas en el presente documento.
- 30

En consecuencia, mientras las realizaciones a modo de ejemplo son susceptibles de diversas modificaciones y formas alternativas, las realizaciones de las mismas son conocidas a modo de ejemplo en los dibujos y se describirán en el presente documento en detalle. Los números similares se refieren a elementos similares a lo largo de toda la descripción de las figuras.

- 35 Se entenderá que, aunque los términos primer, segundo, etc. se pueden usar en el presente documento para describir varios elementos, estos elementos no están limitados por estos términos. Estos términos solo se usan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento podría ser denominado segundo elemento, y de manera similar, un segundo elemento podría ser denominado primer elemento, sin salirse del alcance de las realizaciones a modo de ejemplo. Como se usa en el presente documento, el término "y/o" incluye cualesquiera combinaciones de uno o más de los elementos listados asociados.
- 40

- Se entenderá que cuando un se hace referencia a un elemento como "conectado" o "acoplado" a otro elemento, puede estar directamente conectado o acoplado al otro elemento o pueden estar presentes elementos intervinientes. Por el contrario, cuando se hace referencia un elemento como "conectado directamente" o "acoplado directamente" a otro elemento, no se encuentran presente elementos intervinientes. Otras expresiones usadas para describir la relación entre elementos deberán interpretarse de manera similar (por ejemplo, "entre" respecto de "directamente entre", "adyacente" respecto de "directamente adyacente", etc.).
- 45

- La terminología usada en el presente documento solo tiene el propósito de describir las realizaciones particulares y no está destinada a ser limitativa de las realizaciones a modo de ejemplo. Tal como se usan en el presente documento, las formas singulares "un", "una" y "el", "la" están destinadas a incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente otra cosa. Cabe entender que los términos "comprende", "comprendiendo", "incluye" y/o "incluyendo", cuando se usan en el presente documento, especifican la presencia de características números, etapas, operaciones, elementos y/o componentes específicos, pero no excluye la presencia o adición de una o más características, números, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.
- 50

- 55 Se entenderá que, aunque se pueden usar los términos primero, segundo, tercero, etc. en el presente documento para describir varios elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones, estos elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones no están limitados por estos términos. Estos términos se usan solamente para distinguir un elemento, componente, región, capa o sección de otra región, capa o sección. De este modo un primer

elemento, componente, región, capa o sección mencionado en lo sucesivo podría denominarse como segundo elemento, componente, región, capa o sección sin salirse del ámbito de las realizaciones a modo de ejemplo.

Los términos de relación espacial, por ejemplo “debajo”, “por debajo”, “inferior”, “encima”, “superior” y similares, se pueden usar en el presente documento con el propósito de facilidad de descripción para describir un elemento o una relación entre una característica y otro elemento o característica como se ilustra en las figuras. Se entenderá que los términos de relación espacial están destinados a comprender diferentes orientaciones del dispositivo en uso o en funcionamiento además de la orientación ilustrada en las figuras. Por ejemplo, si el dispositivo en las figuras está puesto del revés, los elementos descritos como “debajo” o “por debajo” de otros elementos o características estarán entonces orientados “encima” de los otros elementos u otras características. De este modo, por ejemplo, el término “por debajo” puede comprender tanto una orientación que está encima así como debajo. El dispositivo puede entonces ser orientado (girado 90 grados o visto o referenciado en otras orientaciones) y los descriptores de relación espacial usados en el presente documento se han de interpretar en consecuencia.

Las realizaciones a modo de ejemplo se describen en el presente documento con referencia a ilustraciones en sección transversal que son ilustraciones esquemáticas de realizaciones idealizadas (y estructuras intermedias). Por ejemplo, se pueden esperar variaciones de las formas de las ilustraciones como resultados, por ejemplo de técnicas de fabricación y/o tolerancias. De este modo las realizaciones a modo de ejemplo no deben interpretarse como limitadas a las formas particulares de regiones ilustradas en el presente documento sino que pueden incluir desviaciones de las formas que resultan, por ejemplo de la fabricación. Por ejemplo, una región implantada ilustrada como un rectángulo puede tener características redondeadas o curvadas y/o un gradiente (por ejemplo de concentración de implante) en sus bordes en lugar de un cambio abrupto de una región implantada a una región no implantada. Asimismo, una región sepultada formada por implantación puede dar como resultado alguna implantación en la región entre la región sepultada y la superficie a través de la cual puede realizarse la implantación. De este modo, las regiones ilustradas en las figuras son de naturaleza esquemática y sus formas no ilustran necesariamente la forma real de una región de un dispositivo y no limita el alcance.

Cabe señalar que en algunas implementaciones alternativas, las funciones/actos indicados pueden ocurrir fuera del orden indicado en las figuras. Por ejemplo, dos figuras mostradas en una sucesión pueden de hecho ser ejecutadas de manera sustancialmente concurrente o pueden a veces ser ejecutadas en orden inverso, en función de la funcionalidad/actos implicados.

A menos que se indique otra cosa, todos los términos (incluyendo los términos técnicos y científicos) usados en el presente documento tienen el mismo significado que el entendido habitualmente por un experto ordinario en la técnica al que pertenecen las realizaciones a modo de ejemplo. Se entenderá que los términos, por ejemplo los definidos en diccionarios de uso común, han de interpretarse como que tienen un significado que es coherente con su significado en el contexto de la técnica relevante y no interpretarse en un sentido idealizado o demasiado formal a menos que se defina expresamente de este modo en el presente documento.

En los dibujos, las dimensiones de elementos constitutivos pueden exagerarse por motivos ilustrativos.

Las realizaciones a modo de ejemplo están destinadas a reducir la tendencia de formación de sombra de los componentes de reactor nuclear formados por aleaciones de níquel (por ejemplo INCONEL), aleaciones de hierro (por ejemplo aceros inoxidables), etc. usando un recubrimiento delgado para reducir la diferencia de potencial electroquímico entre el componente y cualesquiera componentes a base de aleación de circonio adyacentes y/o cercano para de este modo reducir la formación de corrosión sombra en la aleación de circonio. Los componentes de reactor nuclear pueden incluir, partes de un conjunto combustible, por ejemplo, espaciadores, resortes espaciadores, placas de sujeción, barras de control, etc. Los términos adyacente y cercano se han de interpretar en sentido amplio como incluyendo, por ejemplo, los al menos dos componentes que están directamente en contacto entre sí, en los al menos dos componentes que están dentro del mismo reactor.

Como se muestra en la figura 2A un componente de reactor nuclear, por ejemplo, un espaciador 20 tiene una capa de material 300 formada sobre una superficie del mismo. La capa de material 300 es estable en varios entornos de reactor nuclear, por ejemplo, reactores RAE, y no se agrietan y/o fracturan durante el procesamiento nuclear. La capa de material 300 puede ser cualquier material que cuando se forma sobre el componente nuclear 20 reduce la diferencia entre el potencial electroquímico de corrosión del componente nuclear 20 y al menos un componente de aleación de circonio adyacente. Tales materiales para la capa de material 300 pueden incluir, titanio, circonio, hafnio, itrio, escandio, aleaciones y óxidos de los mismos, etc (por ejemplo Zircaloy-2 con el 0,25% de hierro (GNF-Ziron), Zircaloy con alto contenido de Fe-Ni, Aleación de Zr-Sn-Cr (VB) y cualesquiera otros materiales similares, que pueden ser convertidos en un óxido por corrosión en reactor. Se describe, además, GNF-Ziron en la patente de los Estados Unidos nº 4.810.461 y se describe, además, VB en la patente de los Estados Unidos nº 5.712.888. Los diversos óxidos son efectivos porque los óxidos consiguen un potencial electroquímico de corrosión similar al del componente de aleación de circonio adyacente. El componente de aleación de circonio adyacente puede incluir por ejemplo Zircaloy-2, Zircaloy-4, aleaciones de Zr-Sn, aleaciones de Zr-Sn-Fe-Cr-Ni, aleaciones de Zr-Nb, etc.

La capa de material 300 puede ser depositada por varios procedimientos bien conocidos. Por ejemplo, la capa de material 300 puede formarse usando deposición química de vapor (CVD), deposición de vapor asistida por plasma

(PVD), deposición química aumentada de vapor asistida por plasma (PECVD), pulverización térmica por plasma, pulverización térmica de oxi-combustible de alta velocidad (HVOF), de arco a partir de hilo, deposición no electrolíticas y/o galvanoplastia. Además, la capa de material 300 se puede formar usando implantación de iones, incluyendo, por ejemplo, a menos una fuente de iones que incluye circonio, titanio, hafnio y/o escandio.

- 5 La capa de material 300 puede ser delgada, por ejemplo en general de aproximadamente 25 micrómetros o menos. Al usar una capa de material delgada 300, el flujo refrigerante a través y/o alrededor del componente 20 no se ve afectado de manera significativa por la presencia de la capa de material 300.

- 10 En las realizaciones de la invención, como se muestra en la figura 2B se forma una capa tampón 310 entre el componente nuclear 20 y la capa de material 300. La capa tampón 310 aumenta la adhesión entre la capa de material 300 y el componente 20 y se forma a partir de Tántalo, sus óxidos y aleaciones. La capa tampón 310 se puede formar usando procedimientos similares a los mencionados anteriormente con referencia a la capa de material 300 y la combinación de la capa de material 300 y la capa tampón 310 también puede ser de aproximadamente 25 micrómetros o menos.

- 15 La figura 3 muestra un gráfico del comportamiento del potencial electroquímico de corrosión (PEC) de 304 SS Zircaloy-2 y Zr puro en función de la concentración de oxígeno en agua a 288°C. Como se ha ilustrado, el Zr puro tiene el menor potencial, aproximadamente -850 mV, mientras que Zircaloy-2 se encuentra en el medio, variando entre aproximadamente -600 y -200 mV, y 304 SS tiene el mayor potencial variando entre aproximadamente -400 y 200 mV. Las aleaciones a base de níquel, tales como Inconel 600, Inconel X750, etc. muestran un comportamiento de PEC similar a 304 SS en agua a temperatura elevada.

- 20 Como se muestra en la figura 4, el potencial electroquímico de corrosión de 304 SS puede reducirse formando una capa de Zircaloy-2 sobre la superficie del mismo. El 304 SS recubierto muestra una reducción del potencial de aproximadamente -400 a 200 mV (mostrado en la figura 3) a aproximadamente -470 a -380 mV (mostrado en la figura 5) en función de la concentración de oxígeno. Al recubrir el componente de 304 SS con una capa delgada de Zircaloy-2, la PEC reducido y la diferencia entre el componente de 304 SS recubierto y un componente de Zircaloy-2 adyacente también se reducirá reduciendo de este modo la corrosión del componente de Zircaloy-2 (mostrado en la figura 4). De este modo, el recubrimiento de aleaciones a base de Zr, por ejemplo Zircaloy-2, sobre aleación a base de Fe (por ejemplo 304 SS) o aleaciones a base de Ni (por ejemplo Aleación X750) restringen la reacción de oxidación por oxígeno y reducen el PEC cercano a los valores de Zircaloy-2.

- 30 La figura 5 ilustra además, la reducción en la diferencia de PEC entre un componente de aleación sin circonio recubierto por una capa de material delgada y un componente de aleación de circonio, mostrando una comparación del comportamiento de potencial de corrosión. La figura 5 ilustra el comportamiento del potencial de corrosión de un componente de aleación de Fe-Cr-Ni recubierto de TiO₂ (producido por CVD) y un componente de aleación de circonio con y sin iluminación por UV en una solución de 0,01 M Na₂SO₄ a 25°C. La iluminación por UV se usa para simular el procesamiento en reactor. Para el experimento ilustrado, ambos componentes se han preoxidado en agua a 300°C que contenía 500 ppb O₂ antes de la iluminación por UV. Como muestra la figura 5, la película de óxido no conductora eléctricamente evita y/o restringe en gran medida el transporte masivo de oxidantes a la superficie metálica del componente haciendo que el PEC se desplace a un valor bajo incluso a altos niveles de oxidantes durante la iluminación por UV.

- 40 Aunque se pueden insertar componentes de conjuntos combustibles de las realizaciones a modo de ejemplo en varillas combustibles y haces combustibles de tipo RAE en las realizaciones a modo de ejemplo, se entiende que se pueden usar otros tipos de combustibles y plantas de producción de energía con los dispositivos de retención de las realizaciones a modo de ejemplo. Por ejemplo los reactores de tipo agua a presión, reactores canadiense de deuterio-uranio, reactores de agua ligera moderado con grafito, reactores nuclear económico simplificado de agua en ebullición, etc pueden incluir varillas combustibles que pueden alojar los dispositivos de retención de las realizaciones a modo de ejemplo con el fin de irradiar objetivos de irradiación en su interior.

Habiéndose descrito las realizaciones a modo de ejemplo, el experto en la técnica apreciará que las realizaciones a modo de ejemplo se pueden variar mediante experimentación rutinaria y sin actividad inventiva adicional dentro del alcance de las reivindicaciones anexas. Por ejemplo, se pueden usar otros tipos, formas y configuraciones junto con haces combustibles y dispositivos de montaje de placas de sujeción de las realizaciones a modo de ejemplo

REIVINDICACIONES

1.- Un reactor nuclear, que comprende:

5 un primer componente (20) que está formado por al menos un material seleccionado entre aleaciones a base de níquel y aleaciones a base de hierro;
 y un segundo componente adyacente al primer componente (20), estando formado el segundo componente por una aleación de circonio; y
 una capa de material (300) formada sobre al menos una superficie del primer componente (20), estando la capa de material (300) formada por un material diferente del primer componente (20), de manera que se reduce una diferencia en el potencial electroquímico de corrosión entre el primer componente (20) y el
 10 segundo componente, en el que la capa de material (300) es seleccionada entre uno de titanio, circonio, hafnio, itrio, escandio, aleaciones de los mismos, y óxidos de los mismos, y
 una capa tampón (310) formada entre la al menos una superficie del primer componente (20) y la capa de material (300);
caracterizado por la capa tampón (310) que incluye al menos uno de tántalo, óxidos de tántalo y aleaciones de tántalo.
 15

2.- El reactor nuclear de la reivindicación 1, en el que el primer componente (20) es uno de una barra de control, un espaciador, un resorte, una placa de sujeción superior, y una placa de sujeción inferior.

3.- El reactor nuclear de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que las aleaciones de circonio incluyen, Zircaloy-2, Zircaloy-4 aleaciones de Zr-Sn, aleaciones de Zr-Sn-Fe-Cr-Ni, aleaciones de Zr-Sn-Fe-Cr y aleaciones de Zr-Nb.
 20

4.- Un procedimiento para aumentar la resistencia a la corrosión de circonio en un conjunto combustible de reactor nuclear, que comprende

25 formar una capa de material (300) sobre al menos una superficie de un primer componente (20) adyacente a un segundo componente, de manera que se reduce una diferencia en el potencial electroquímico entre el primer componente (20) y el segundo componente, en el que la capa de material (300) es seleccionada entre uno de titanio, circonio, hafnio, itrio, escandio, aleaciones de los mismos y óxidos de los mismos; y
 formar una capa tampón (310) entre la al menos una superficie del primer componente (20) y la capa de material (300), en el que la capa tampón (310) incluye al menos uno de tántalo, óxido de tántalo y aleaciones de tántalo.

30 5.- El procedimiento de la reivindicación 4, en el que las aleaciones de circonio incluyen, Zircaloy-2, Zircaloy-4 aleaciones de Zr-Sn, aleaciones de Zr-Sn-Fe-Cr-Ni, aleaciones de Zr-Sn-Fe-Cr y aleaciones de Zr-Nb.

6.- El procedimiento de la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en el que el primer componente (20) está formado por al menos un material seleccionado entre aleaciones a base de níquel y aleaciones a base de hierro.

35 7.- El procedimiento de la reivindicación 4 en el que la etapa de formación de un recubrimiento de la capa de material (300) incluye depositar la capa de material (300) por al menos uno de los siguientes procedimientos, deposición química de vapor (CVD), deposición de vapor asistida por plasma (PVD), deposición química aumentada de vapor asistida por plasma (PECVD), pulverización térmica por plasma, pulverización térmica de oxi-combustible de alta velocidad (HVOF), de arco a partir de hilo, deposición no electrolíticas y/o galvanoplastia.

40 8.- El procedimiento de la reivindicación 4, en el que la etapa de recubrimiento incluye implantar la al menos una superficie del primer componente (200) por implantación de iones.

9.- El procedimiento de la reivindicación 8, en el que la etapa de implantación incluye implantar la al menos una superficie del primer componente (20) usando al menos una superficie de iones que incluyen Zr, Ti, Hf y Sc.

FIG. 1A
TÉCNICA CONVENCIONAL

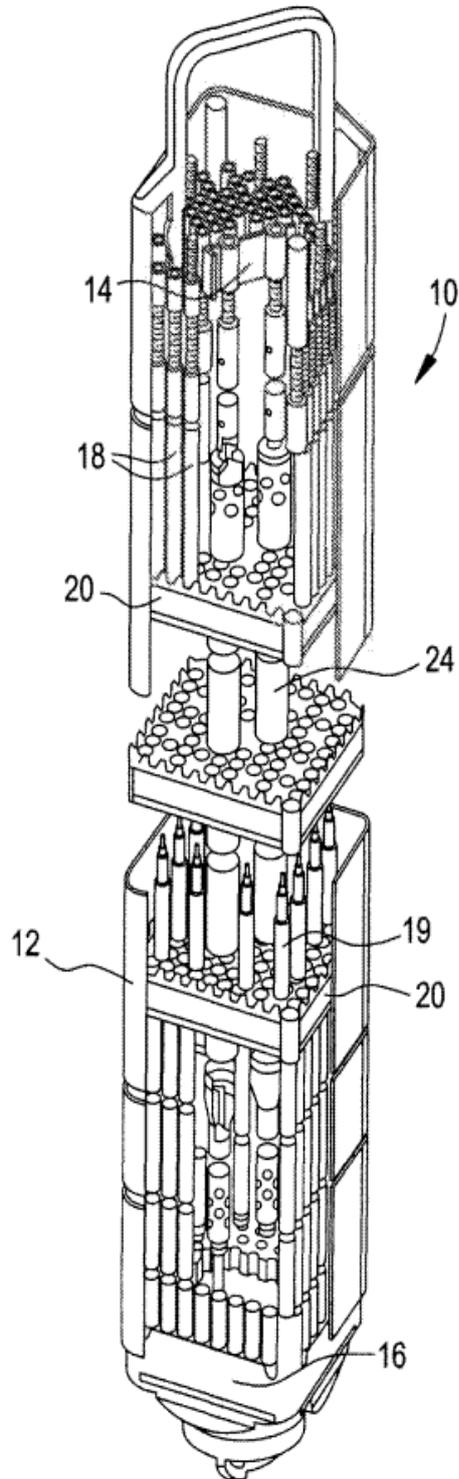


FIG. 1B
TÉCNICA CONVENCIONAL

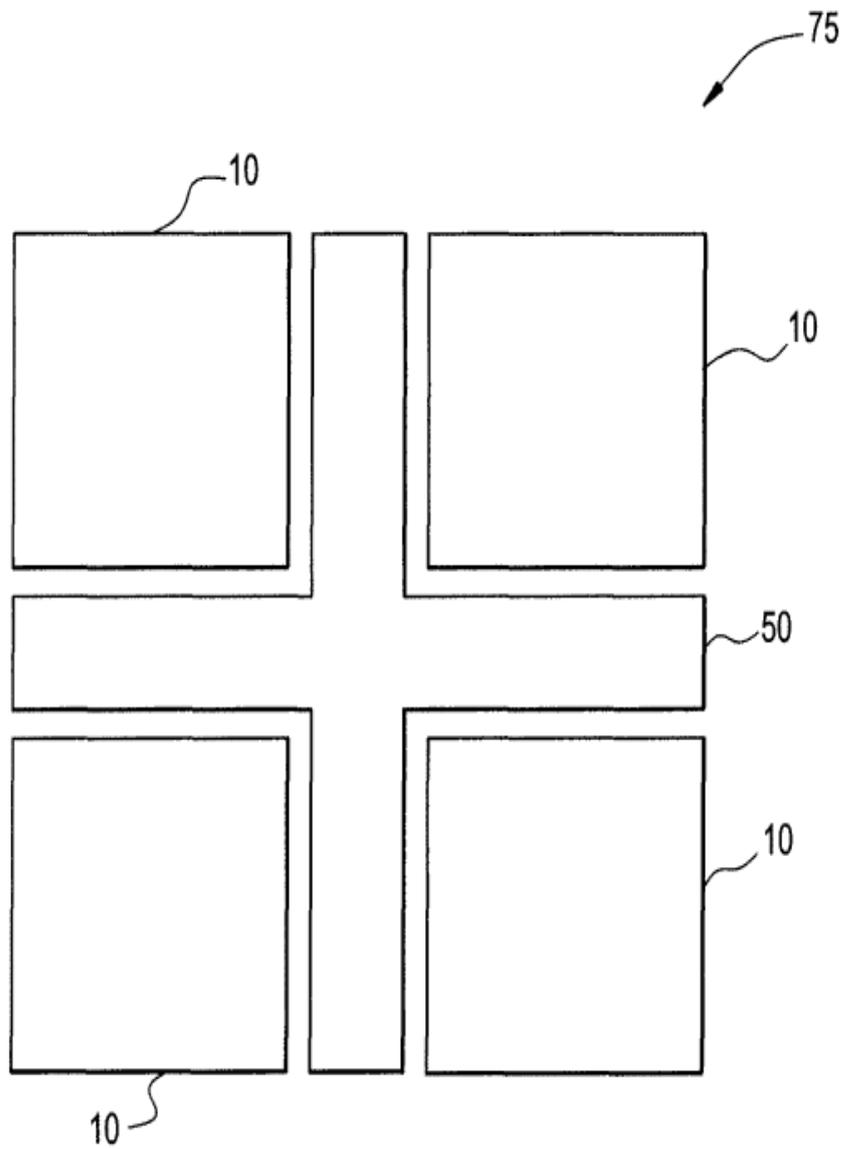


FIG. 2A

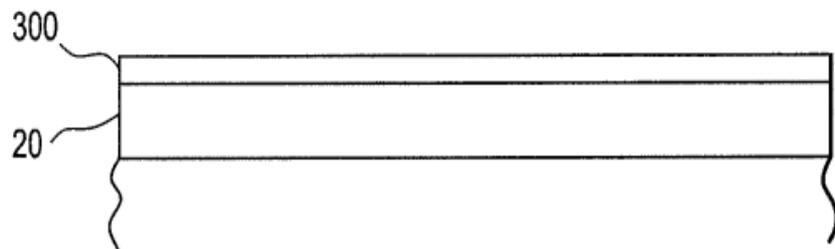


FIG. 2B

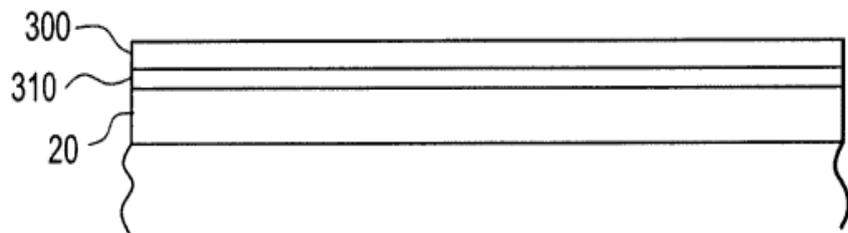


FIG. 3

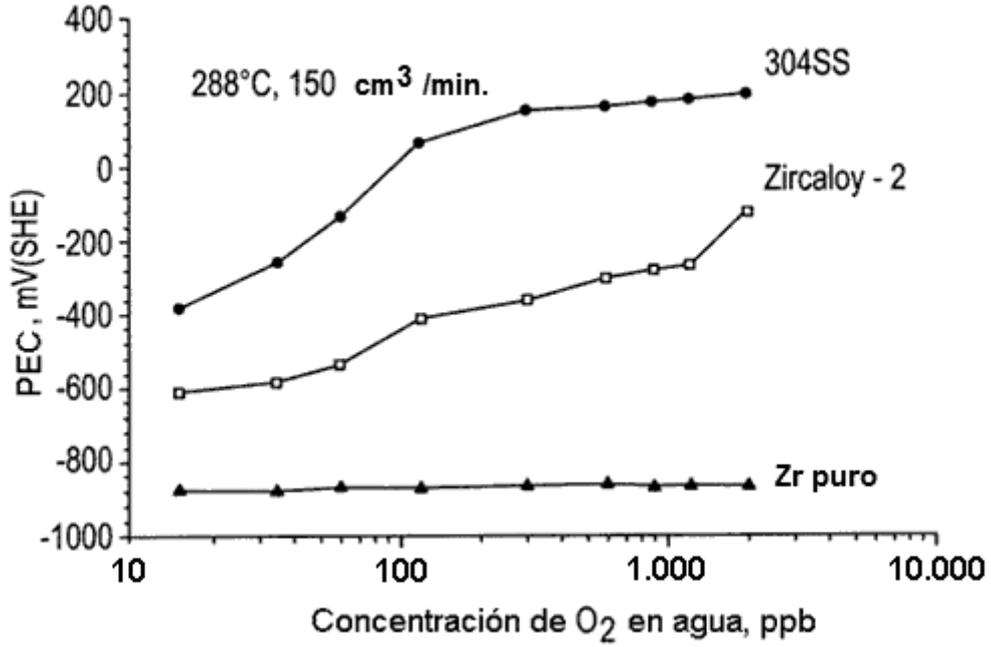


FIG. 4

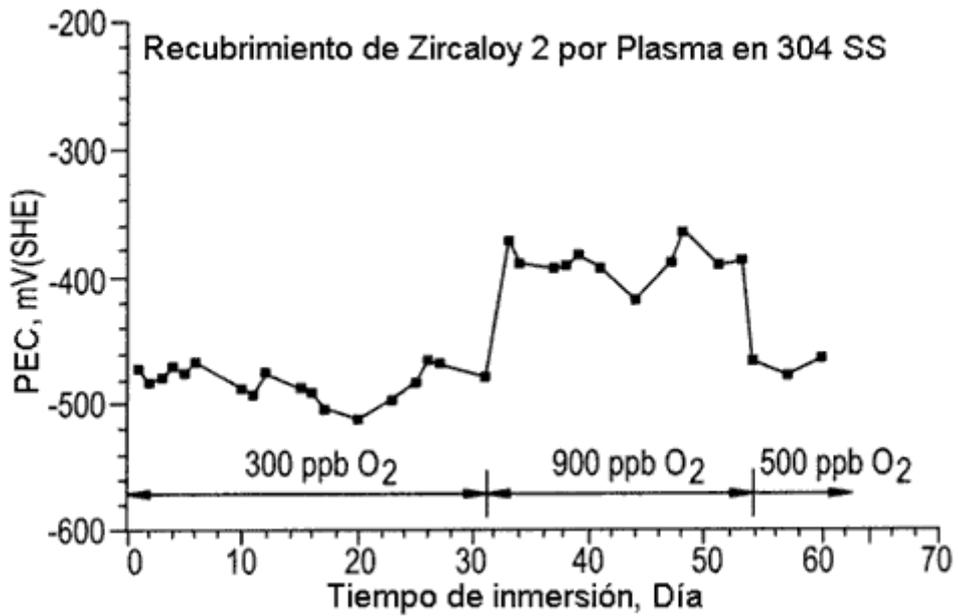


FIG. 5

