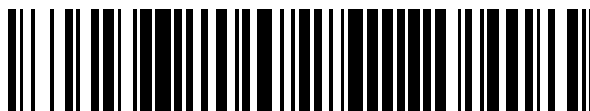


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 588 277**

51 Int. Cl.:

**B08B 9/093** (2006.01)

**B01J 19/00** (2006.01)

**B05B 7/06** (2006.01)

**B08B 3/02** (2006.01)

**B08B 3/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2013 E 13183917 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016 EP 2705908**

54 Título: **Procedimientos de limpieza de una superficie sumergida utilizando un chorro de fluido que descarga una combinación de líquido/gas**

30 Prioridad:

**11.09.2012 US 201213609824**

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

**31.10.2016**

73 Titular/es:

**GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS LLC  
(100.0%)  
3901 Castle Hayne Road  
Wilmington, NC 28401, US**

72 Inventor/es:

**LOEWEN, ERIC P.;  
DOOIES, BRETT J. y  
TRIPLETT, BRIAN S.**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 588 277 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

Procedimientos de limpieza de una superficie sumergida utilizando un chorro de fluido que descarga una combinación de líquido/gas

### Antecedentes

#### 5 Campo

La presente descripción se refiere a procedimientos de limpieza de una superficie sumergida.

### Descripción de la técnica relacionada

10 Para garantizar una operación segura, las superficies sumergidas del reactor se inspeccionan periódicamente para detectar grietas que puedan poner en riesgo la integridad de la estructura. Dicho esto, las superficies sumergidas del reactor se deben limpiar por la acumulación y depósitos indeseados (también conocidos como "polvo") antes de que se puedan realizar las inspecciones periódicamente requeridas. La capa de "polvo" creada por el entorno de alta temperatura, alta radiación del reactor se adhiere en cambio firmemente a las superficies afectadas y es relativamente difícil de quitar. Convencionalmente, las superficies sumergidas del reactor se limpian mecánicamente utilizando herramientas de tipo cepillo. Sin embargo, este enfoque de limpieza mecánico que implica herramientas de tipo cepillo no es completamente eficaz en la eliminación de la acumulación y depósitos indeseados de las superficies sumergidas del reactor. Además, este planteamiento de limpieza mecánica tiende a dejar escombros del cepillo (cerdas, penachos, las grapas y/u otros componentes desprendidos) en el reactor.

El documento EP 0.607.974 A1 se refiere a un procedimiento y dispositivo de lavado submarino y divulga características que se corresponden de forma general al preámbulo de la reivindicación 1 de la presente memoria.

#### 20 Sumario

Las realizaciones ejemplares de la presente memoria se refieren a un procedimiento de limpieza de una superficie sumergida cubierta por un medio líquido de acuerdo con la reivindicación 1 de la presente memoria. El procedimiento incluye inyectar un líquido de limpieza con un chorro de fluido sumergido a través del medio líquido en la superficie sumergida. El procedimiento puede incluir también introducir al menos uno de un gas no reactivo y un gas reactivo con el líquido de limpieza a través del chorro de fluido sumergido.

### Breve descripción de los dibujos

30 Las diversas características y ventajas de las realizaciones no limitantes en la presente memoria pueden ser más evidentes después de la revisión de la descripción detallada junto con los dibujos adjuntos. Los dibujos adjuntos se proporcionan simplemente para fines ilustrativos y no deben interpretarse para limitar el alcance de las reivindicaciones. Los dibujos adjuntos no deben considerarse como dibujados a escala a menos que se indique de forma explícita. Por motivos de claridad, las diversas dimensiones de los dibujos pueden haber sido exageradas.

La Figura 1 es una vista esquemática de un procedimiento y un aparato para limpiar una superficie sumergida.

La Figura 2 es una vista en sección transversal del chorro de fluido de la Figura 1.

La Figura 3 es una vista frontal del chorro de fluido de la Figura 2.

35 La Figura 4 es un gráfico que muestra la relación entre el pH del medio líquido y la cantidad de amoníaco inyectado como gas reactivo.

### Descripción detallada

40 Se debe entender que cuando un elemento o capa se refiere como estando "en", "conectado/a a", "acoplado/a a" o "cubriendo" otro elemento o capa, puede estar directamente en, conectado/a a, acoplado/a a, o cubriendo el otro elemento o capa o elementos o capas intermedios pueden estar presente. Por el contrario, cuando un elemento se denomina como "directamente sobre", "directamente conectado/a a", o "directamente acoplado/a a" otro elemento o capa, no hay elementos o capas intermedios presentes. Los números iguales se refieren a elementos similares en toda la memoria descriptiva. Tal como se utiliza aquí, el término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados.

45 Se debe entender que, aunque los términos primer, segundo, tercero, etc., pueden ser utilizados en la presente memoria para describir diversos elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones, estos elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones no deben estar limitados por estos términos. Estos términos solo se utilizan para distinguir un elemento, componente, región, capa o sección de otra región, capa o sección. Por lo tanto, un primer elemento, componente, región, capa o sección descrita a continuación podría denominarse un segundo elemento, componente, región, capa o sección sin salir de las enseñanzas de realizaciones ejemplares.

Los términos espacialmente relativos (por ejemplo, "debajo", "abajo", "inferior", "arriba", "superior", y similares) se pueden utilizar en la presente memoria para facilitar la descripción de describir la relación de un elemento o de función con otro elemento o elementos o característica o características como se ilustra en las Figuras. Se debe entender que los términos espacialmente relativos pretenden abarcar diferentes orientaciones del dispositivo en uso u operación además de la orientación representada en las Figuras. Por ejemplo, si el dispositivo en las Figuras se hace girar sobre elementos descritos como "abajo" o "debajo" de otros elementos o características estarían entonces orientados "encima de" los otros elementos o características. Por tanto, el término "debajo" puede abarcar tanto una orientación de arriba y abajo. El dispositivo se puede orientar de otra manera (girado 90 grados o en otras orientaciones) y los descriptores relativos espacialmente utilizados en la presente memoria interpretarse en consecuencia.

La terminología utilizada en la presente memoria tiene la finalidad de describir solamente diversas realizaciones y no se pretende que sean limitativas de las realizaciones ejemplares. Tal como se utiliza en la presente memoria, las formas singulares "un", "una" y "el/la" pretenden incluir las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Será además entendido que los términos "incluye", "incluyendo", "comprende", y/o "comprendiendo", cuando se utilizan en esta memoria descriptiva, especifican la presencia de características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, y/o componentes, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes, y/o grupos de los mismos.

Las realizaciones ejemplares se describen en la presente memoria con referencia a las ilustraciones de la sección transversal que son ilustraciones esquemáticas de realizaciones idealizadas (y estructuras intermedias) de realizaciones ejemplares. Como tal, las variaciones de las formas de las ilustraciones como resultado, por ejemplo, de técnicas de fabricación y/o tolerancias, se deben esperar. Por lo tanto, las realizaciones ejemplares no deben interpretarse como limitadas a las formas de las regiones ilustradas en la presente memoria sino que han de incluir desviaciones en formas que resultan, por ejemplo, de la fabricación. Por ejemplo, una región implantada ilustrada como un rectángulo tendrá, por lo general, características redondeadas o curvas y/o un gradiente de concentración de implante en sus bordes en lugar de un cambio de binario de la región implantada a la no implantada. Del mismo modo, una región enterrada formada por implantación puede resultar en alguna implantación en la región entre la región enterrada y la superficie a través de la que se realiza la implantación. Por lo tanto, las regiones ilustradas en las figuras son de naturaleza esquemática y sus formas no pretenden ilustrar la forma real de una región de un dispositivo y no pretenden limitar el alcance de realizaciones ejemplares.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos (incluyendo los términos técnicos y científicos) utilizados en la presente memoria tienen el mismo significado que se entiende comúnmente por un experto ordinario en la materia a la que pertenecen las realizaciones ejemplares. Se entenderá además que los términos, incluidos los definidos en los diccionarios de uso común, se deben interpretar como teniendo un significado que es consistente con su significado en el contexto de la técnica relevante y no serán interpretados en un sentido idealizado o demasiado formal a menos que se defina expresamente así en la presente memoria.

La Figura 1 es una vista esquemática de un procedimiento y un aparato para limpiar una superficie sumergida. Haciendo referencia a la Figura 1, un aparato para limpiar una superficie sumergida incluye un suministro 100 de líquido de limpieza, un suministro 102 de gas no reactivo, y un suministro 104 de gas reactivo conectados a un chorro 126 de fluido. El suministro 100 de líquido de limpieza se configura para suministrar un líquido 100' de limpieza (Figura 2) al chorro 126 de fluido a través de una línea 114 de líquido de limpieza a través de una bomba 106. La abertura de flujo en la línea 114 de líquido de limpieza se puede regular con una primera válvula 108. Del mismo modo, el suministro 102 de gas no reactivo y el suministro 104 de gas reactivo se configuran para suministrar un gas 102' no reactivo y un gas 104' reactivo (Figura 2) al chorro 126 de fluido a través de una línea 116 de gas no reactivo y una línea 118 de gas reactivo, respectivamente. Las aberturas de flujo en la línea 116 de gas no reactivo y en la línea 118 de gas reactivo se pueden regular con una segunda válvula 110 y una tercera válvula 112, respectivamente. Aunque no se muestra, se debe entender que una o más bombas se pueden proporcionar para conducir el gas 102' no reactivo y el gas 104' reactivo del suministro 102 de gas no reactivo y del suministro 104 de gas reactivo, respectivamente.

El chorro 126 de fluido se puede disponer dentro de un recipiente 122 que contiene un medio 120 líquido con el fin de orientarse a una superficie 124 sumergida del recipiente 122. El medio 120 líquido puede ser agua, aunque realizaciones ejemplares no se limitan a esto. Durante la operación del chorro 126 de fluido, la fuerza generada por los fluidos que salen del mismo puede repeler el chorro 126 de fluido y, por tanto, hacer que el chorro 126 de fluido salga de una posición ideal o deseada en relación con la superficie 124 sumergida del recipiente 122. Para contrarrestar esta fuerza de repulsión, el chorro 126 de fluido se puede estabilizar con un chorro 128 en equilibrio. En particular, el chorro 128 en equilibrio puede expulsar un fluido secundario en una dirección opuesta a la dirección en que los fluidos primarios están siendo expulsados del chorro 126 de fluido. Aunque la Figura 1 ilustra un chorro 126 de fluido que se utiliza para limpiar una superficie interior del recipiente 122, se debe entender que el chorro 126 de fluido se puede utilizar en una diversidad de otras superficies sumergidas (ya sea en una instalación del reactor o en otros entornos).

La Figura 2 es una vista en sección transversal del chorro de fluido de la Figura 1. Haciendo referencia a la Figura 2, el chorro 126 de fluido se configura para incluir un primer paso 200, un segundo paso 202, y un tercer paso 204.

Durante la operación del chorro 126 de fluido, el líquido 100' de limpieza se desplaza a través del primer paso 200, el gas 102' no reactivo viaja a través del segundo paso 202, y el gas 104' reactivo viaja a través del tercer paso 204. El primer paso 200, el segundo paso 202, y el tercer paso 204 se diseñan de tal manera que el líquido 100' de limpieza, el gas 102' no reactivo, y el gas 104' reactivo están aislados entre sí, mientras se dirigen a y mientras se encuentran dentro del chorro 126 de fluido y se mezclan entre sí cuando se expulsan del chorro 126 de fluido en el medio 120 líquido.

La Figura 3 es una vista frontal del chorro de fluido de la Figura 2. Haciendo referencia a la Figura 3, el chorro 126 de fluido se puede configurar de tal manera que el tercer paso 204 se dispone concéntricamente dentro del segundo paso 202. El segundo paso 202 también se puede disponer concéntricamente dentro del primer paso 200. El chorro 126 de fluido se puede formar de una estructura cilíndrica grande, una estructura cilíndrica media dispuesta dentro de la estructura cilíndrica grande, y una estructura cilíndrica pequeña dispuesta dentro de la estructura cilíndrica media. La superficie interior de la estructura cilíndrica grande y la superficie exterior de la estructura cilíndrica media definen el primer paso 200. La superficie interior de la estructura cilíndrica media y la superficie exterior de la estructura cilíndrica pequeña definen el segundo paso 202. La superficie interior de la estructura cilíndrica pequeña define el tercer paso 204. Los detalles adicionales sobre el chorro 126 de fluido se proporcionan a continuación en relación con los procedimientos de limpieza que utilizan el chorro 126 de fluido.

Un procedimiento para limpiar una superficie 124 sumergida cubierta por un medio 120 líquido incluye la inyección de un líquido 100' de limpieza con un chorro 126 de fluido sumergido a través del medio 120 líquido en la superficie 124 sumergida. El procedimiento incluye adicionalmente introducir uno de un gas 102' no reactivo y un gas 104' reactivo con el líquido 100' de limpieza a través del chorro 126 de fluido sumergido. La "cortina" del chorro 126 de fluido facilita la eliminación de "polvo" y otros materiales indeseados de la superficie 124 sumergida.

La etapa de inyección puede incluir dirigir el líquido 100' de limpieza a una superficie interior de un recipiente 122 cubierto por el medio 120 líquido. Como alternativa, la etapa de inyección puede incluir dirigir el líquido 100' de limpieza en un componente sumergido en el medio 120 líquido (por ejemplo, una parte mecánica dentro del recipiente 122). Sin embargo, se debe entender que el líquido 100' de limpieza se puede dirigir en cualquier superficie en necesidad de limpieza. Además, la etapa de inyección puede incluir el uso de agua como el líquido 100' de limpieza.

Las etapas de inyección e introducción incluyen configurar el chorro 126 de fluido sumergido de tal manera que el líquido 100' de limpieza y el gas 102' no reactivo y el gas 104' reactivo salen del chorro 126 de fluido sumergido antes de mezclarse entre sí. Por ejemplo, las etapas de inyección e introducción se pueden realizar con una tobera concéntrica triple como el chorro 126 de fluido sumergido. En tal situación, el líquido 100' de limpieza se puede inyectar a través de un primer paso 200 de la tobera concéntrica triple, el gas 102' no reactivo se puede introducir a través de un segundo paso 202 de la tobera concéntrica triple, y el gas 104' reactivo se puede introducir a través de un tercer paso 204 de la tobera concéntrica triple. Sin embargo, las realizaciones ejemplares no se limitan a la misma, y se debe entender que cada uno del líquido 100' de limpieza, el gas 102' no reactivo, y el gas 104' reactivo se pueden suministrar a través de cualquiera del primer paso 200, el segundo paso 202, y el tercer paso 204. Por ejemplo, el gas 102' no reactivo se puede suministrar a través del tercer paso 204, y el gas 104' reactivo se puede suministrar a través del segundo paso 202.

Las etapas de inyección e introducción incluyen configurar la tobera concéntrica triple de tal manera que el primer paso 200 rodea el segundo paso 202 y el tercer paso 204. Con esta configuración, suministrar el líquido 100' de limpieza a través del primer paso 200 exterior ayudará a enfocar el gas 102' no reactivo suministrado al interior y/o el gas 104' reactivo durante su trayectoria hacia la superficie 124 sumergida, reduciendo de esta manera su difusión prematura en el medio 120 líquido y mejorando la limpieza de la superficie 124 sumergida. La inyección e introducción pueden incluir también configurar la tobera concéntrica triple de tal manera que el segundo paso 202 y/o el tercer paso 204 se extienden más lejos del chorro 126 de fluido sumergido que el primer paso 200. Una configuración de este tipo puede ayudar a reducir aún más la difusión prematura del gas 102' no reactivo y/o del gas 104' reactivo en el medio 120 líquido durante su trayectoria hacia la superficie 124 sumergida.

La etapa de introducción puede incluir suministrar el gas 102' no reactivo y el gas 104' reactivo como vacíos 206 (por ejemplo, burbujas) que se someten a cavitación en una interfaz con la superficie 124 sumergida para facilitar una eliminación de los depósitos en la superficie 124 sumergida. La etapa de introducción puede incluir también generar calor en la interfaz con la superficie 124 sumergida como resultado de una absorción del gas 104' reactivo por al menos uno del medio 120 líquido y el líquido 100' de limpieza. La etapa de introducción puede incluir además aumentar un pH en una interfaz con la superficie 124 sumergida como resultado de una absorción del gas 104' reactivo por al menos uno del medio 120 líquido y el líquido 100' de limpieza para facilitar la pasivación de la superficie 124 sumergida. Como resultado, una capa de corrosión pasiva se puede formar sobre la superficie 124 sumergida.

Durante la limpieza de la superficie 124 sumergida, el gas 102' no reactivo y el gas 104' reactivo se pueden inyectar conjuntamente con el fin de introducirse de forma simultánea con el líquido 100' de limpieza. Al menos uno de aire atmosférico, nitrógeno, y un gas noble se puede utilizar como el gas 102' no reactivo. Además, al menos uno de amoníaco e hidrazina se puede utilizar como el gas 104' reactivo. Sin embargo, se debe entender que realizaciones

ejemplares no están limitadas a los mismos y que los otros gases adecuados se pueden utilizar también como el gas 102' no reactivo y el gas 104' reactivo. Por ejemplo, la etapa de introducción puede incluir el uso de cloruro de hidrógeno como gas 104' reactivo.

- 5 El uso de agua como el líquido 100' de limpieza dará como resultado la limpieza de la superficie 124 sumergida debido a la velocidad del fluido local. La velocidad del fluido local depende de la suavidad de la superficie 124 sumergida, de las impurezas en el líquido 100' de limpieza y del medio 120 líquido, y del contenido de oxígeno del líquido 100' de limpieza y del medio 120 líquido. La fuerza que actúa sobre la superficie 124 sumergida del recipiente 122 viene dada por la siguiente ecuación:

$$F = \rho q V / g \sin \theta$$

- 10 en la que

F es la fuerza,

$\rho$  es la densidad del líquido 100' de limpieza,

q es el caudal volumétrico del líquido 100' de limpieza,

V es la velocidad del líquido 100' de limpieza,

- 15 g es una constante de conversión adimensional, y

$\theta$  es el ángulo de inclinación entre el chorro 126 de fluido y la superficie 124 sumergida.

- 20 Cuando el líquido 100' de limpieza se aumenta con el gas 102' no reactivo, se genera una vibración de frecuencia relativamente alta, mejorando así la eliminación mecánica de "polvo" de la superficie 124 sumergida. En particular, las burbujas arrastradas del gas 102' no reactivo colapsan en la interfaz líquido-sólido del medio 120 líquido y de la superficie 124 sumergida a través de un fenómeno denominado cavitación para provocar la vibración a frecuencia relativamente alta. Por lo general, el radio de la burbuja del gas 102' no reactivo que sale de la boquilla del chorro 126 de fluido será aproximadamente cinco veces el del diámetro de la boquilla. El modo pulsante dinámico de la oscilación viene dado por la siguiente ecuación:

$$f = \frac{1}{2\pi R} \sqrt{\frac{3\gamma P}{\rho}}$$

- 25 en la que

f es la frecuencia natural del modo fundamental,

R es el radio de la burbuja (m) del gas 102' no reactivo,

$\gamma$  es la relación de calor específico del gas (por ejemplo, 1,4 para N<sub>2</sub>),

P es la presión estática media (Pa), y

- 30  $\rho$  es la densidad (kg/m<sup>3</sup>) del medio 120 líquido.

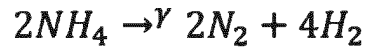
Cuando se utiliza nitrógeno (N<sub>2</sub>) como el gas 102' no reactivo y asumiendo un diámetro de boquilla de 1 mm y un radio de burbuja de 5 mm, la frecuencia es de aproximadamente 600 Hz, aunque las realizaciones ejemplares no se limitan a esto.

- 35 Cuando el líquido 100' de limpieza se aumenta con el gas 104' reactivo (con o sin el gas 102' no reactivo), se generan vibraciones de frecuencia relativamente alta con un impulso acústico de mayor magnitud (ondas de presión acústicas). Además, la absorción del gas 104' reactivo por el líquido 100' de limpieza y/o el medio 120 líquido causa un aumento de la temperatura local (calor de disolución), mientras que hace también que el gas disuelto salga de la solución. La cavitación y calor resultantes aumentan la eliminación de "polvo" de la superficie 124 sumergida. Por otra parte, el gas 104' reactivo causará un aumento del pH localizado. El aumento de la alcalinidad disminuye la velocidad de corrosión haciendo que la superficie 124 sumergida limpia sea más pasiva.

- 40 En una realización no limitante, donde se utiliza amoníaco (NH<sub>3</sub>) como gas 104' reactivo, la reacción química para la disolución de amoníaco (NH<sub>3</sub>) en agua (H<sub>2</sub>O) se expresa a continuación.



Después de que la limpieza se ha completado y el reactor se pone en marcha, los iones de amonio resultantes ( $\text{NH}_4^+$ ) en el recipiente 122 se someterán a una descomposición radiológica de acuerdo con la siguiente fórmula.



5 La Figura 4 es un gráfico que muestra la relación entre el pH del medio líquido y la cantidad de amoníaco inyectado como gas reactivo. El control de la química en un reactor de agua en ebullición (BWR) convencional es mantener agua pura con una conductividad de 0,10 - 0,15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con un pH entre 6,5 - 8,0. El efecto de la introducción de amoníaco como gas 104' reactivo durante la limpieza será probable mínimo en vista del volumen relativamente grande del medio 120 líquido en el recipiente 122.

10 El procedimiento de limpieza de la superficie 124 sumergida puede además incluir estabilizar el chorro 126 de fluido sumergido con un chorro 128 en equilibrio. En un caso de este tipo, una primera fuerza generada por un primer chorro que sale del chorro 126 de fluido sumergido se ve contrarrestada por una segunda fuerza generada por un segundo chorro que sale del chorro 128 en equilibrio. La magnitud de la primera fuerza puede ser aproximadamente igual a la de la segunda fuerza. Además, la dirección de la primera fuerza puede ser opuesta a la de la segunda fuerza. Como resultado, el chorro 126 de fluido se puede mantener en una posición deseada con relación a la superficie 124 sumergida.

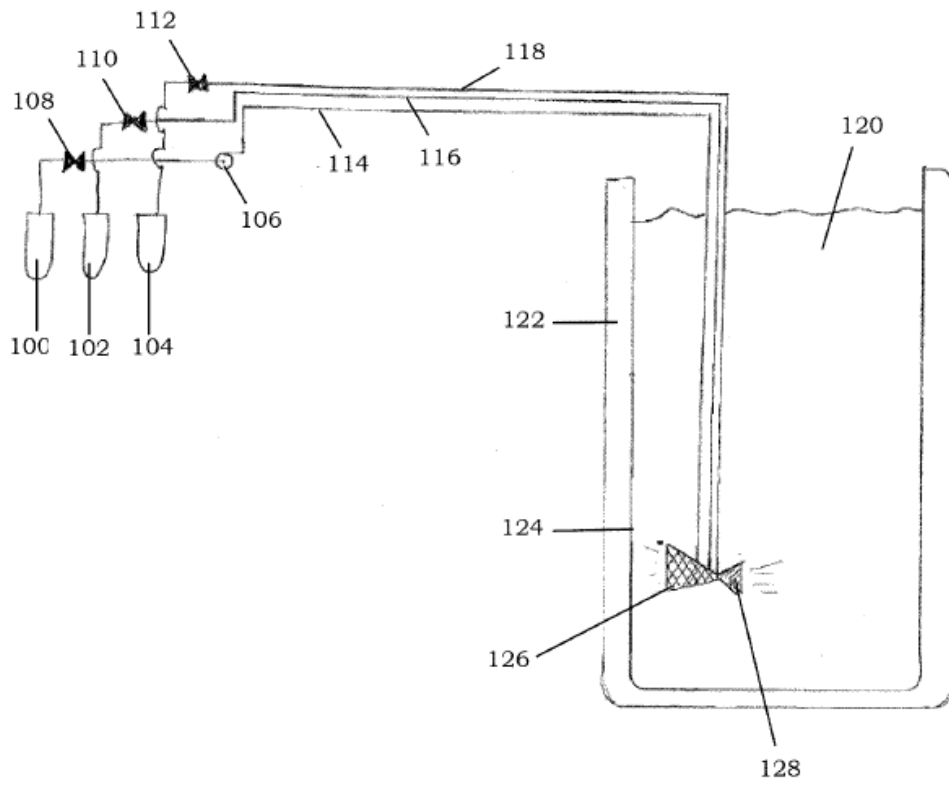
15 Si bien un número de realizaciones ejemplares se han divulgado en la presente memoria, se debe entender que otras variaciones pueden ser posibles. Tales variaciones no deberán ser consideradas como una desviación del espíritu y el alcance de la presente divulgación, y todas las modificaciones obvias para un experto en la técnica pretenden incluirse dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

20

## REIVINDICACIONES

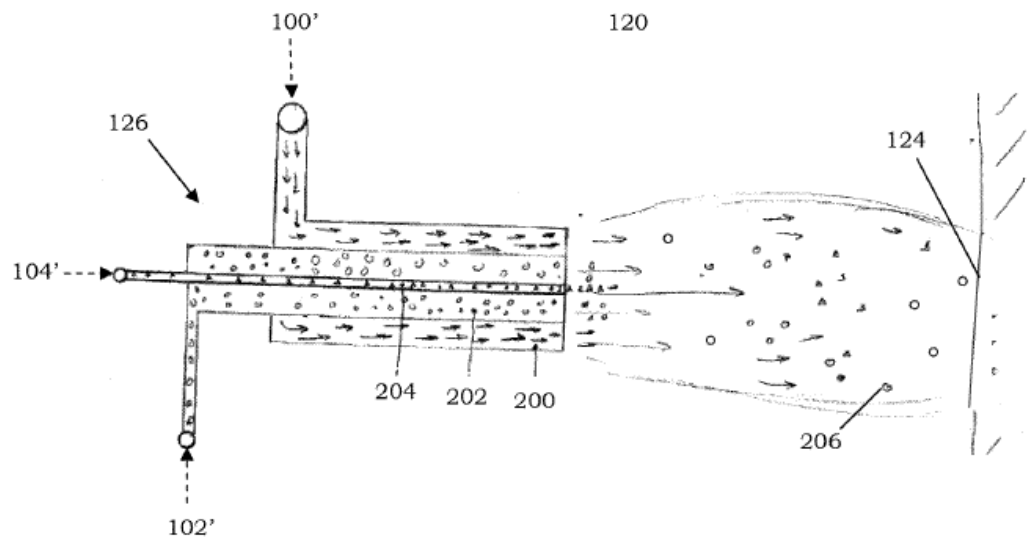
1. Un procedimiento de limpieza de una superficie (124) sumergida cubierta por un medio (120) líquido, comprendiendo el procedimiento:
  - 5 inyectar un líquido (100') de limpieza con un chorro (126) de fluido sumergido a través del medio líquido en la superficie sumergida; e
  - introducir al menos uno de entre un gas (102') no reactivo y un gas (104') reactivo con el líquido de limpieza a través del chorro de fluido sumergido; en el que
  - la inyección e introducción se realizan con una tobera concéntrica triple como el chorro (126) de fluido sumergido, inyectándose el líquido (100') de limpieza a través de un primer paso (200) de la tobera concéntrica triple, introduciéndose el gas (102') no reactivo a través de un segundo paso (202) de la tobera concéntrica triple, e introduciéndose el gas (104') reactivo a través de un tercer paso (204) de la tobera concéntrica triple; en el que
  - 10 la inyección e introducción incluyen configurar la tobera concéntrica triple de tal manera que el primer paso (200) rodee el segundo paso (202) y el tercer paso (204).
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la inyección e introducción incluyen configurar la tobera concéntrica triple de tal manera que el tercer paso (204) se extienda más lejos del chorro (126) de fluido sumergido que el primer paso (200).
3. El procedimiento de cualquiera de la reivindicación 1 o 2, en el que la inyección incluye dirigir el líquido (100') de limpieza en una superficie interior de un recipiente (122) cubierto por el medio (120) líquido.
4. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la inyección incluye dirigir el líquido (100') de limpieza en un componente sumergido en el medio (120) líquido.
5. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la inyección incluye utilizar agua como el líquido (100') de limpieza.
6. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la inyección e introducción incluyen configurar el chorro (126) de fluido sumergido de manera que el líquido (100') de limpieza y el gas (102') no reactivo y el gas (104') reactivo salgan del chorro (126) de fluido sumergido antes de mezclarse entre sí.
7. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la introducción incluye suministrar el gas (102') no reactivo y el gas (104') reactivo en forma de vacíos (206) que se someten a cavitación en una interfaz con la superficie (124) sumergida para facilitar una eliminación de los depósitos de la superficie sumergida.
8. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la introducción incluye generar calor en la interfaz con la superficie (124) sumergida como resultado de una absorción del gas (104') reactivo por al menos uno de entre el medio (120) líquido y el líquido (100') de limpieza.
9. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la introducción incluye aumentar un pH en una interfaz con la superficie (124) sumergida como resultado de una absorción del gas (104') reactivo por al menos uno de entre el medio (120) líquido y el líquido (100') de limpieza para facilitar la pasivación de la superficie (124) sumergida.
10. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la introducción incluye inyectar conjuntamente el gas (102') no reactivo y el gas (104') reactivo.
11. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la introducción incluye utilizar al menos uno de entre aire atmosférico, nitrógeno y un gas noble como el gas (102') no reactivo.
12. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la introducción incluye utilizar al menos uno de entre amoníaco e hidracina como gas (104') reactivo.
13. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la introducción incluye utilizar cloruro de hidrógeno como gas (104') reactivo.
14. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, que comprende además:
  - 45 estabilizar el chorro (126) de fluido sumergido con un chorro (128) en equilibrio, de tal manera que una primera fuerza generada por un primer chorro que sale del chorro de fluido sumergido se vea contrarrestada por una segunda fuerza generada por un segundo chorro que sale del chorro en equilibrio.

**FIG. 1**

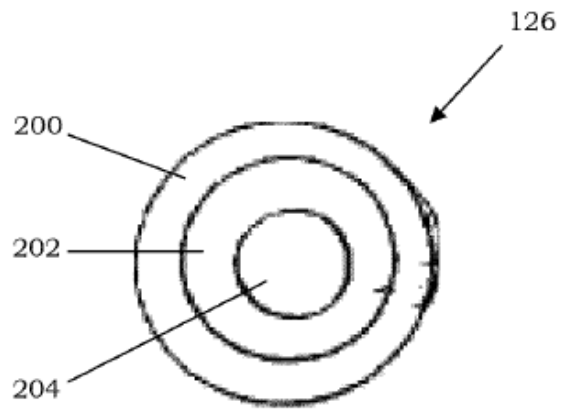




**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**

