

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 664**

51 Int. Cl.:

F22B 37/00 (2006.01)

G01N 27/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.05.2015 PCT/US2015/033298**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015 WO15195299**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2015 E 15729015 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 3155318**

54 Título: **Procedimiento de medición y monitorización in situ de la conductividad en sistemas acuosos de alta temperatura**

30 Prioridad:

16.06.2014 US 201462012816 P

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

04.03.2019

73 Titular/es:

**BAKER HUGHES, A GE COMPANY, LLC (100.0%)
P.O. Box 4740
Houston, TX 77210-4740, US**

72 Inventor/es:

**KREMER, LAWRENCE N.;
DUNN, SIDNEY A.;
FULMER, DAVID N. y
RUMPF, REGIS R.**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 702 664 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 medición y monitorización *in situ* de la conductividad en sistemas acuosos de alta temperatura

5 CAMPO DE LA DESCRIPCIÓN

La descripción se refiere a un procedimiento de medición y monitorización de la conductividad de fluidos de base acuosa en condiciones *in situ* mediante un sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro.

10 ANTECEDENTES DE LA DESCRIPCIÓN

Los sistemas generadores de vapor, como las calderas, se utilizan comúnmente en instalaciones industriales, institucionales y residenciales de varias unidades, incluyendo plantas petroquímicas, refinerías de petróleo, estaciones de generación de energía, hoteles, escuelas, etc. El vapor que se forma a partir del agua en el sistema de generación de vapor se distribuye a través de la instalación para proporcionar calor para su uso con fines de bienestar, procesamiento, generación de energía, etc. El agua en condensación, por motivos de eficiencia, retorna normalmente al generador de vapor (o caldera).

Los sistemas de generación de vapor están diseñados para funcionar de tal manera que el condensado tenga conductividad, pH y temperatura dentro de un rango objetivo. Normalmente, dichos sistemas funcionan a temperaturas desde 260 °C (500 °F) a aproximadamente 482,2 °C (900 °F). Las desviaciones en la conductividad, el pH y la temperatura del condensado del rango objetivo son indicios de problemas dentro del sistema de generación de vapor. Dichos problemas pueden incluir la escala mineral, la corrosión carbónica y la fatiga termal. Estos problemas pueden conducir a un mantenimiento y reparaciones costosos en el sistema de generación de vapor. Por lo tanto, se requiere una monitorización continua de la conductividad como una medida de la calidad del agua.

Actualmente, no existe ningún procedimiento de medición de la conductividad en sistemas de generación de vapor que no implique enfriar el agua. Normalmente, el agua se debe enfriar a una temperatura no superior a 37,8 °C (100 °F) con el fin de proteger la sonda utilizada en la medición de la conductividad. Se desea un procedimiento más eficiente para medir la conductividad que proporcione la capacidad de monitorización en tiempo real o casi en tiempo real.

Debe entenderse que la descripción anterior se proporciona solo con fines ilustrativos y no tiene como objetivo limitar el alcance o el objeto de las reivindicaciones adjuntas ni las de cualquier solicitud de patente o patente relacionada. Por lo tanto, ninguna de las reivindicaciones adjuntas o las reivindicaciones de cualquier solicitud o patente relacionada debe limitarse por la descripción anterior o interpretarse para abordar, incluir o excluir cada una o cualquiera de las características o desventajas citadas anteriormente, simplemente por la mención de las mismas en este documento.

40 RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN

En una realización de la descripción, se proporciona un procedimiento de monitorización de la conductividad en un sistema de generación de vapor. En este procedimiento, la conductividad de un fluido se mide en un sistema de generación de vapor poniendo el fluido en contacto con un sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro. El sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro tiene un cuerpo de diamante y una pluralidad de electrodos de banda de diamante dopado con boro dispuestos dentro del cuerpo de diamante. La conductividad se mide aplicando voltaje al sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro a una temperatura de aproximadamente 121,1 °C a 648,9 °C (250 °F a 1200 °F), en la mayoría de los casos, entre aproximadamente 260 °C (500 °F) y aproximadamente 482,2 °C (900 °F).

En otra realización de la descripción, se proporciona un procedimiento de monitorización de la conductividad en tiempo real en un sistema de generación de vapor. El funcionamiento del sistema de generación de vapor no se interrumpe durante la monitorización en tiempo real. La monitorización se lleva a cabo poniendo en contacto el fluido en un sistema de generación de vapor con un sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro. El sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro tiene un cuerpo de diamante y una pluralidad de electrodos de banda de diamante dopado con boro dispuestos dentro del cuerpo de diamante. La conductividad se mide aplicando voltaje al sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro.

En otra realización, se proporciona un procedimiento de monitorización de la conductividad en una unidad de licuefacción hidrotérmica durante la licuefacción hidrotérmica de una suspensión a base de agua. La unidad de

licuefacción hidrotérmica funciona a una temperatura entre aproximadamente 301,7 °C (575 °F) y aproximadamente 510 °C (950 °F) y a una presión suficiente para mantener el agua en la fase líquida. En el procedimiento, una suspensión a base de agua entra en contacto con un sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro en la unidad de licuefacción hidrotérmica. El sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro tiene un cuerpo de diamante y una pluralidad de electrodos de banda de diamante dopado con boro dispuestos dentro del cuerpo de diamante. La conductividad de la suspensión a base de agua se mide a la temperatura de funcionamiento aplicando voltaje al sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro.

10 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

Las características y las ventajas de la presente descripción y las características y beneficios adicionales resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica a partir de la consideración de la siguiente descripción detallada de las realizaciones ejemplares de la presente descripción. Debe entenderse que la descripción de este documento con respecto a las realizaciones ejemplares, no tiene por objeto limitar las reivindicaciones de esta patente o cualquier patente o solicitud de patente que reivindique la prioridad de este documento. Se pueden hacer muchos cambios a las realizaciones y detalles particulares descritos en este documento sin apartarse por ello de la esencia y el alcance de los mismos.

Como se emplea en este documento y a lo largo de varias partes (y encabezamientos) de esta solicitud de patente, los términos "descripción", "presente descripción" y sus variaciones no pretenden significar toda realización posible que abarque esta descripción o cualquier reivindicación particular. Por lo tanto, el objeto de cada una de dichas referencias no debe considerarse necesario para, o parte de, cada una de las realizaciones de la misma o de cualquier reivindicación o reivindicaciones particular(es), simplemente debido a dicha referencia. En este documento y en las reivindicaciones adjuntas también se utilizan los términos "incluyendo" y "comprendiendo" de una manera flexible y, por lo tanto, deben interpretarse como referencia a "incluyendo, pero no limitado a....".

La conductividad de un fluido en un sistema de generación de vapor puede medirse *in situ* mediante el uso de un sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro, tal como se describe en este documento. El sensor se puede utilizar para medir la conductividad en las condiciones *in situ* a temperaturas desde aproximadamente 121,1 °C (250 °F) a temperaturas tan altas como 482,2 °C (900 °F), en algunos casos tan altas como 593,3 °C (1100 °F) y en otros casos tan altas como 648,9 °C (1200 °F). Por ejemplo, en una caldera de presión muy baja, la temperatura puede ser de aproximadamente 121,1 °C (250 °F) y en una caldera supercrítica de aproximadamente 371,1 °C (700 °F).

Según la capacidad de medición de la conductividad a temperaturas tan elevadas, no es necesario enfriar el sistema de generación de vapor a una temperatura inferior. Por lo tanto, la conductividad se puede monitorizar en tiempo real sin la interrupción del funcionamiento del sistema de generación de vapor cuando se utiliza el sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro. Dado que el procedimiento descrito en este documento proporciona un medio para monitorizar la conductividad en tiempo real en condiciones de funcionamiento, pueden reducirse los costes.

El uso de sensores de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro facilita así la purga de la caldera, ya que el agua solo se retira de la caldera en la medida de "lo necesario". En otras palabras, mediante la monitorización *in situ* de la conductividad del agua de la caldera, el agua solo se retira del sistema de generación de vapor cuando los contenidos sólidos (resultantes, por ejemplo, de la formación de sarro, corrosión, remanente, etc.) alcanzan ciertos límites. Por lo tanto, en una realización, el uso de sensores electroquímicos de diamante dopado con boro dentro de un sistema de generación de vapor puede ser utilizado para controlar la cantidad de sólidos no deseados dentro de la caldera, así como para mantener la calidad del vapor.

Al reducir el enfriamiento del sistema de generación de vapor, se ofrece un ambiente de trabajo más seguro a los operadores, ya que están menos expuestos a la manipulación de los elementos del sistema.

La ubicación exacta de la colocación del sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro dentro del sistema de generación de vapor puede depender del diseño del sistema, así como de la etapa en la que se desea medir la conductividad.

Por ejemplo, en una realización, el sensor de electrodos de diamante dopado con boro puede ser colocado dentro de la caldera y la conductividad puede medirse dentro de la caldera. La conductividad también puede medirse mediante la colocación del sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro en una línea de

despegue, válvula de apertura rápida, etc. Cuando el sistema de generación de vapor está compuesto por varios de dichos elementos (como varias conexiones de purga), el sensor puede colocarse dentro del elemento más cercano al nivel bajo de agua. Alternativamente, el sensor puede colocarse más cerca de la parte inferior del tambor de vapor.

5

Dentro del sistema de generación de vapor, la conductividad se puede medir durante la condensación. La conductividad también se puede medir durante la generación de vapor. Al medir el agua de la caldera durante el funcionamiento del sistema de generación de vapor, puede determinarse inmediatamente el efecto de sólidos disueltos dentro del sistema operativo.

10

En otra realización, puede medirse la conductividad del agua de la caldera durante la purga. En este caso, se puede colocar el sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro en la línea de purga.

En otra realización, la conductividad se puede medir dentro de un tanque de destello o un intercambiador de calor durante la recuperación del agua de purga. El agua de purga normalmente tiene la misma temperatura y presión que el agua de la caldera. En este caso, se puede colocar el sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro en el tanque de destello o en el intercambiador de calor.

En una realización preferida, el sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro se coloca dentro de una sonda. La sonda puede colocarse dentro del sistema de generación de vapor como se describe en este documento.

Además del sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro, se puede colocar una sonda de pH dentro del sistema de generación de vapor para medir la acidez y la alcalinidad del condensado. Dado que la acidez y la alcalinidad tienen un gran efecto sobre la conductividad eléctrica, a menudo es necesario neutralizar el líquido antes de medir la conductividad. Además, se puede colocar una sonda de temperatura para medir la temperatura del vapor condensado dentro del sistema de generación de vapor.

Además, se puede colocar un regulador en el interior del sistema de generación de vapor en comunicación eléctrica con el sensor.

Aunque el uso del sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro es una realización preferida, los sensores se pueden emplear también en otros sistemas de generación de vapor. Por ejemplo, el sensor puede emplearse en la medición de la conductividad dentro de turbinas de vapor. Las turbinas de vapor fósiles y nucleares requieren tiempos de retardo de enfriamiento considerables. Una turbina de vapor típica requiere un mínimo de una semana para enfriarse a temperatura ambiente. Esto requiere el desmontaje para parada e interrupción que, además de ser altamente ineficiente, implica un gran coste en mano de obra para el operador.

En otra realización, se pueden utilizar los sensores de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro como se describen en este documento para controlar las unidades de licuefacción hidrotérmicas (HTL), puesto que dichas unidades funcionan normalmente con suspensiones a base de agua a temperaturas entre aproximadamente 301,7 °C (575 °F) y aproximadamente 510 °C (950 °F) y a la presión suficiente (por lo general, aproximadamente 20 MPa) para mantener el agua en la fase líquida. Durante el proceso, la temperatura y la presión se monitorizan.

El procesamiento es particularmente aplicable a las materias primas de biomasa húmeda, como las algas. El uso de los sensores de banda electroquímica dopados con boro permite ensayos continuos para la gasificación hidrotérmica de la materia prima. El uso del sensor de banda electroquímica de diamante dopado con boro proporciona información sobre el progreso de la reacción. El sensor de banda electroquímica de diamante dopado con boro puede colocarse en el sistema de recuperación del producto, el precalentador o el propio reactor. Normalmente, el reactor es un reactor de lecho fijo que tiene un lecho catalítico dentro del reactor. Alternativamente, el sensor de banda electroquímica de diamante dopado con boro puede colocarse en línea entre el precalentador y el reactor. En esta situación, el sensor de banda electroquímica de diamante dopado con boro puede colocarse dentro de un recipiente de alta presión. Cuando se utiliza en el hidrotatamiento del biocrudo, el sensor de banda electroquímica de diamante dopado con boro puede colocarse en el punto de separación del flujo de subproducto acuoso a partir del flujo tratado.

Además de la HTL, los sensores de banda electroquímica de diamante dopado con boro pueden utilizarse para controlar cualquier unidad de generación de vapor que funcione a altas temperaturas como se indica en este documento. Dichas unidades de generación de vapor pueden incluir unidades utilizadas para mejorar la recuperación de petróleo, como el drenaje de gravedad asistida por vapor (SAGD), unidades de generación de vapor

para el mejoramiento de la producción de etileno o la producción de propileno, incluyendo unidades de craqueo de vapor, plantas de energía de propulsión a vapor, plantas de amoníaco de generación de vapor, etc.

Los sensores de banda electroquímica de diamante dopado con boro son policristalinos y presentan propiedades 5 superficiales inertes. Como resultado, los sensores dopados con boro no reaccionan ni erosionan durante los procesos electroquímicos.

Además, los sensores dopados con boro son resistentes a la suciedad. Por lo tanto, los sensores de banda de 10 diamante dopado con boro, tal como se describen, se pueden utilizar en sistemas geotérmicos.

En una realización preferida, los sensores de banda de diamante dopado con boro están representados por una 10 matriz de electrodos de diamante dopado con boro de alta relación de aspecto que proporcionan la estructura del sensor de banda. Las conexiones a las bandas se hacen mediante orificios de mecanizado láser que pasan desde la parte posterior de una oblea aislante a las bandas de conexión. La alta proporción de aspecto permite que los 15 electrodos de diamante dopado con boro presenten una alta relación longitud / anchura en su superficie de detección, proporcionando así capacidades de detección mejoradas en comparación con otras disposiciones de electrodos de diamante dopado con boro.

Normalmente, los electrodos de diamante dopado con boro tienen unas pocas micras de diámetro, se fabrican 20 aplicando una capa de Si_3N_4 o material no conductor similar a la superficie del diamante y posteriormente, grabando aberturas en la misma para exponer el diamante por debajo.

Como ejemplo de dichos sensores de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro, se encuentran los 25 que están disponibles comercialmente de Element Six Limited, como DIAFILM EA. Dichos materiales tienen normalmente 0,4 mm de espesor y tienen una metalización de contacto Ti:Pt:Au óhmica en su superficie posterior.

Los electrodos dopados con boro se describen con más detalle en la patente de Estados Unidos N.º 8.105.469 y en 30 la publicación de patente de Estados Unidos N.º 2013/0327640. El cuerpo de diamante de dichos sensores comprende una superficie de "detección" frontal con la pluralidad de electrodos de banda de diamante dopado con boro expuestos en la superficie de detección. Los electrodos se extienden de manera alargada a través de la superficie de detección para formar una pluralidad de bandas. Los electrodos de diamante dopado con boro también se extienden en la parte posterior a través del cuerpo de diamante hasta una superficie de "conexión eléctrica" 35 trasera que se opone a la superficie de detección frontal. Esto proporciona conexiones eléctricas individuales a cada pluralidad de electrodos de banda de diamante dopado con boro. Los electrodos de banda de diamante dopado con boro forman una matriz sustancialmente paralela de placas de diamante dopado con boro que se extienden a través del cuerpo de diamante desde la superficie de detección frontal a la superficie de conexión eléctrica posterior. Las tapas terminales del material de diamante se pueden adherir a los lados opuestos adyacentes del cuerpo de diamante de la pluralidad de electrodos de banda de diamante dopado con boro para aislar los bordes laterales de la pluralidad de electrodos uno del otro.

40 En una realización preferida, la superficie de detección frontal es preferentemente sustancialmente plana. Por sustancialmente plana se refiere a que no hay pasos de gran altura entre las capas adyacentes de diamante dopado con boro e intrínseco en la superficie frontal del sensor. Esto significa que dichos pasos son iguales o inferiores a 1 μm , 300 nm, 100 nm, 30 nm, 10 nm, 3 nm, 1 nm, 0,3 nm o 0,1 nm. En particular, el tamaño de cualquiera de dichos 45 pasos es un factor de 3, 10, 30, 100, 300 o 1000 menor que la anchura del electrodo.

Además de los electrodos de diamante dopado con boro lineales y que se extienden a lo largo de la superficie de 50 detección, los electrodos de diamante dopado con boro también pueden ser no lineales. Por ejemplo, la superficie del sensor frontal puede mostrar una curvatura macroscópica, por ejemplo, en forma de un segmento de una esfera o más preferentemente, un segmento de un cilindro, para adaptarse más útilmente al flujo dentro del fluido que se está midiendo. Además, el sensor puede comprender una matriz paralela de electrodos de banda de diamante dopado con boro en una región central de la superficie de detección y electrodos curvados alrededor de una periferia de la superficie de detección.

55 El cuerpo de diamante y la pluralidad de electrodos de banda de diamante dopado con boro pueden estar formados por un material de diamante monocristalino o un material de diamante policristalino. Además, las tapas terminales pueden estar formadas por un material de diamante monocristalino o por un material de diamante policristalino. Ventajosamente, se utiliza un material de diamante monocristalino. El material del diamante es preferentemente un material de diamante de CVD (deposición química de vapor). Se puede proporcionar una capa de recubrimiento 60 funcional en la superficie de detección y se puede proporcionar un rebaje en el que se encuentre el material

funcional de tal manera que la superficie de detección siga siendo plana.

La relación de aspecto en la superficie de detección es alta, de manera que una longitud de un electrodo de la banda a través de la superficie de detección es mayor que la anchura del electrodo de la banda. Por lo tanto, de acuerdo con ciertas disposiciones preferidas, es deseable que cada electrodo de diamante dopado con boro tenga una relación longitud / anchura de al menos 10, 20, 30, 40, 50, 100, 500, 1000, 2000, 5000 u 8000 en la superficie de detección.

La relación longitud / anchura de los electrodos es normalmente igual o inferior a 15000, 10000, 8000, 5000, 2000 o 1000. Por ejemplo, la relación longitud / anchura puede estar en un rango de 10 a 15000, 20 a 10000, 30 a 5000 o 50 a 1000.

En una realización, cada electrodo de diamante dopado con boro puede tener una anchura de al menos 0,1 μm , 0,5 μm , 1 μm , 2 μm , 5 μm , 10 μm o 15 μm . La anchura de cada electrodo puede ser igual o inferior a 100 μm , 80 μm , 60 μm , 40 μm , 20 μm , 10 μm , 3 μm o 1 μm . Por ejemplo, la anchura puede estar en un rango de 0,1 a 100 μm , 1 a 80 μm , 5 a 60 μm , 10 a 40 μm o 15 a 30 μm . Para ciertas aplicaciones, cada electrodo de diamante dopado con boro puede tener una longitud de al menos 100 μm , 200 μm , 400 μm , 600 μm , 800 μm o 1000 μm . El área superficial en la superficie de detección es de al menos 0,0001 mm^{-2} , 0,001 mm^{-2} , 0,005 mm^{-2} , 0,010 mm^{-2} , 0,015 mm^{-2} o 0,020 mm^{-2} .

El rendimiento funcional del sensor puede depender de la concentración y de la uniformidad del dopante de boro dentro de los electrodos de diamante dopado con boro. Al menos una porción de cada electrodo de diamante dopado con boro puede comprender una concentración de boro igual o superior a $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$, $2 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$, $4 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$, $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$, $7 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$, $1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ o $2 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$. Preferentemente, la concentración de boro varía en no más del 50 %, 30 %, 20 %, 10 % o el 5 % de una concentración media sobre al menos el 70 %, 80 %, 90 % o el 95 % del área del electrodo de diamante dopado con boro en la superficie de detección, al menos para electrodos de diamante dopado con boro monocristalino.

Para los electrodos de diamante dopado con boro policristalino, se ha comprobado que solamente se requiere dopar una porción del material a un nivel suficiente para que sea un conductor metálico. Por lo tanto, para los electrodos de diamante dopado con boro policristalino, sólo se requiere una porción de granos en una superficie de trabajo expuesta de cada electrodo para que sean conductores metálicos con un contenido de boro de al menos $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ de átomos de boro. Los granos del material policristalino pueden variar de orientación. Por el contrario, para los electrodos de diamante dopado con boro monocristalino es ventajoso que sustancialmente toda la superficie de trabajo expuesta de cada electrodo esté dopada a dicho nivel.

Durante su funcionamiento, el sensor electroquímico puede ser introducido en una celda electroquímica. El condensado probado para la conductividad se puede analizar si se dispone en la carcasa de la celda electroquímica. El sensor de diamante puede disponerse en una sonda electroquímica. En la celda electroquímica se proporciona también un contraelectrodo y un electrodo de referencia. Estos electrodos se conectan normalmente a un regulador para aplicar un potencial a los electrodos y / o detectar un potencial generado en los electrodos a través de una reacción electroquímica.

Además, en uso, el electrodo está en contacto con el fluido que está fluyendo y que tiene una dirección de flujo distinta. La superficie del sensor frontal del dispositivo está orientada de tal manera que la dirección de flujo se encuentra sustancialmente paralela a la superficie del sensor frontal, y si la superficie del sensor frontal se curva en forma de cilindro, entonces la dirección de flujo se encuentra paralela al eje cilíndrico. En algunas aplicaciones (no de acuerdo con la invención), la orientación del eje largo de los electrodos puede estar en un ángulo arbitrario con respecto a la dirección de flujo. En otras aplicaciones, puede ser beneficioso orientar el eje largo de los electrodos sustancialmente perpendicular a la dirección de flujo, es decir a $> 70^\circ$, 80° , 85° en la dirección de flujo y en otras aplicaciones, puede ser beneficioso orientar el eje largo de los electrodos sustancialmente paralelo a la dirección de flujo, es decir a $< 20^\circ$, 10° , 5° en la dirección de flujo.

Además de medir la conductividad, el sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro descrito en este documento se puede utilizar o, de manera opcional, se puede modificar para medir el potencial de reducción de oxidación. Puesto que el potencial de reducción de oxidación en fluidos de base acuosa es una medida de la tendencia de la solución para ganar o para perder electrones cuando está sujeta a cambio por la introducción de una nueva especie, se puede utilizar la medida del potencial de reducción de oxidación del fluido acuoso para monitorizar la calidad del agua en un sistema de generación de vapor, así como en una unidad de licuefacción

hidrotérmica. El potencial de reducción de oxidación puede definirse en relación con un electrodo de referencia y el potencial determinado midiendo la diferencia de potencial entre el sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro en contacto con el fluido y un electrodo de referencia estable conectado a la solución por un puente salino.

5

En otra realización, el sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro puede modificarse de acuerdo con las enseñanzas de la técnica anterior para ser una sonda de pH. La sonda de pH se puede colocar dentro del sistema de generación de vapor para medir la acidez y la alcalinidad del condensado. Dado que los sistemas de generación de vapor están diseñados para funcionar de manera que el condensado tenga un pH o

10 rango de pH definido, las desviaciones del rango de pH definido son indicios de problemas dentro del sistema de generación de vapor. Por ejemplo, los cambios en la acidez o la alcalinidad del condensado pueden ser indicios de una escala mineral excesiva, corrosión carbónica y fatiga térmica.

Por lo tanto, las realizaciones preferidas de la presente descripción ofrecen ventajas con respecto a la técnica anterior y se adaptan correctamente para llevar a cabo uno o más de los objetos de esta descripción. Sin embargo, la presente descripción no requiere cada uno de los componentes y actos descritos arriba y no se limita de ninguna manera a las realizaciones o procedimientos de funcionamiento descritos anteriormente. Cualquiera o más de los componentes, características y procesos anteriores puede emplearse en cualquier configuración adecuada sin incluir otros de dichos componentes, características y procesos.

15

20

Además, la presente descripción incluye características, capacidades, funciones, procedimientos, usos y aplicaciones adicionales que no se han abordado específicamente en este documento, pero que son, o serán, evidentes a partir de la descripción de este documento y las reivindicaciones. Los procedimientos que pueden ser descritos anteriormente o reivindicados en este documento y cualesquiera otros procedimientos pueden encontrarse

25 dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, pueden realizarse en cualquier orden adecuado deseado y no están necesariamente limitados a cualquier secuencia descrita en este documento o pueden enumerarse en las reivindicaciones adjuntas. Además, los procedimientos de la presente descripción no necesariamente requieren el uso de las realizaciones particulares mostradas y descritas en este documento, pero son igualmente aplicables con cualquier otra estructura, forma y configuración adecuadas de componentes.

30

Aunque se han mostrado y descrito realizaciones ejemplares de la descripción, muchas variaciones, modificaciones y / o cambios del sistema, aparatos y procedimientos de la presente descripción, tal como en los componentes, detalles de la construcción y funcionamiento, disposición de partes y / o procedimientos de uso, son posibles, considerados por el solicitante o los solicitantes de la patente, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, y

35 podrán ser hechos y utilizados por un experto en la técnica sin apartarse de las enseñanzas de la descripción y el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de monitorización de la conductividad en tiempo real en un sistema de generación de vapor sin interrupción del sistema de generación de vapor, comprendiendo el procedimiento:
- 5 (a) poner en contacto el fluido en un sistema de generación de vapor con un sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro, comprendiendo el sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro un cuerpo de diamante y una pluralidad de electrodos de banda de diamante dopado con boro dispuestos dentro del cuerpo de diamante y en contacto con el fluido, donde una superficie frontal del sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro se orienta de tal manera que una dirección de flujo del fluido se encuentra sustancialmente paralela a la superficie frontal del sensor; y
- 10 (b) medir la conductividad del fluido aplicando voltaje al sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro.
- 15 2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde la conductividad del fluido se mide entre aproximadamente 121,1 °C (250 °F) y aproximadamente 482,2 °C (900 °F).
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde el sistema de generación de vapor es un
- 20 sistema de calderas.
4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde se presenta al menos una de las condiciones siguientes:
- 25 (a) el sistema de generación de vapor es un sistema de calderas y el sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro se coloca dentro de la caldera o del intercambiador de calor del sistema de calderas;
- (b) la conductividad se mide durante la purga del líquido dentro de una línea de purga;
- 30 (c) el sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro se coloca dentro de un tanque de destello;
- (d) el sistema de generación de vapor es una turbina de vapor; o
- 35 (e) el sensor de banda electroquímica a base de diamante dopado con boro se coloca dentro de una sonda.
5. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, donde la sonda se coloca dentro de un tanque de destello o el líquido es agua de alimentación de calderas.
- 40 6. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde al menos una porción de la pluralidad de electrodos de banda de diamante dopado con boro está separada por capas intrínsecas no conductoras de diamante, donde el diamante comprende una superficie de detección frontal con la pluralidad de electrodos de banda de diamante dopado con boro que son expuestos en dicha superficie de detección y se extienden de una manera alargada a través de dicha superficie.
- 45 7. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde el fluido es un condensado generado en el sistema de generación de vapor.
8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde el sistema de generación de vapor es una
- 50 caldera.
9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, donde el sensor de banda de diamante dopado con boro se utiliza continuamente durante la purga de agua de la caldera.
- 55 10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, donde la caldera se encuentra en una planta petroquímica, en una refinería de petróleo o en una estación de generación de energía.
11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, donde la caldera se encuentra en una instalación residencial de varias unidades.
- 60

12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, donde la caldera se encuentra en una instalación educativa.

13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde la conductividad del fluido se mide a una temperatura superior a 482,2 °C (900 °F).

14. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la superficie frontal del sensor se curva en forma de cilindro, y la dirección de flujo del fluido se encuentra paralela al eje cilíndrico.

10

15. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, donde la superficie frontal del sensor es sustancialmente plana.