

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①① Número de publicación: **2 149 695**

②① Número de solicitud: 009801416

⑤① Int. Cl.⁷: F25B 49/00

G01N 33/18

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

②② Fecha de presentación: **01.07.1998**

④③ Fecha de publicación de la solicitud: **01.11.2000**

Fecha de concesión: **03.04.2001**

④⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **01.05.2001**

④⑤ Fecha de publicación del folleto de patente:
01.05.2001

⑦③ Titular/es: **UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
Pabellón de Gobierno,
Avenida de los Castros, s/n
39005 Santander, Cantabria, ES**

⑦② Inventor/es: **Eguía López, Emilio;
Amieva del Val, Juan José;
Girón Portilla, Alfredo y
Río Calonge, Belén**

⑦④ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Monitor combinado de medición directa e indirecta de biofouling.**

⑤⑦ Resumen:

Monitor combinado de medición directa e indirecta de biofouling.

El invento consiste en un sistema de medición directa e indirecta del proceso de intercambio de calor entre dos fluidos, uno de los cuales provoca el crecimiento de película biológica en el interior de los tubos de un haz tubular (biofouling) debido a que ese fluido contiene microorganismos. El sistema valora en continuo el crecimiento del biofouling adherido en la superficie interna del tubo de un intercambiador y consta de dos partes diferenciales: la que supervisa el biofouling mediante un sistema directo (muestra de película biológica), y la que controla este fenómeno no deseable de forma indirecta, por medio de la medida del factor de fricción y de la resistencia a la transferencia de calor.

ES 2 149 695 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el artº 37.3.8 LP.

DESCRIPCION

Monitor combinado de medición directa e indirecta de biofouling.

Objeto de la invención (Sector de la técnica)

Monitor Combinado de Medición Directa e Indirecta de Biofouling, que supervisa en continuo mediante (a) medidas indirectas: la resistencia a la transferencia de calor (R_f) y el factor de fricción (f); y (b) por medidas directas: el espesor y el resto de las características físicas, químicas y biológicas del biofouling adherido a la superficie interna de unas probetas, de características geométricas y de operación semejantes a las de un tubo del intercambiador de calor-condensador de una planta real, sin que ello implique la parada de la planta. Estas medidas directas e indirectas del crecimiento del biofouling permitirán aplicar en el tiempo oportuno el tratamiento físico o químico necesario para eliminar o reducir hasta sus niveles óptimos el problema del biofouling en el proceso de intercambio de calor, lo que redundará, por una parte, en un conocimiento cualitativo y cuantitativo del biofouling depositado, y por otra, en un ahorro económico para el operador.

Antecedentes (Estado de la técnica)

Para el equipo que desarrolla este trabajo de investigación biofouling es "la acumulación no deseada de depósitos, esencialmente microbiológicos, sobre una superficie artificial sumergida o en contacto con agua de mar. Esta acumulación o incrustación consiste en una película orgánica compuesta por microorganismos empujados en una matriz polimérica creada por ellos mismos (biopelícula), a donde pueden llegar, y quedar retenidas partículas inorgánicas (sales y/o productos de corrosión) consecuencia de otros tipos de fouling desarrollados en el proceso"⁽¹⁾.

El término "biofouling" no se puede sustituir por el de "biopelícula". Una película biológica se puede depositar sobre cualquier superficie en contacto con un medio ambiente acuoso. El sistema que resulta se puede utilizar de forma positiva, por ejemplo, para procesos biológicos de tratamientos de agua residuales (lechos bacterianos, discos rotativos de contacto, membranas permeables a gases, etc.) o para procesos de purificación en sistemas naturales (ríos, arroyos ...); y también esta película biológica, puede resultar perjudicial en ciertos procesos industriales como es el caso del ensuciamiento en intercambiadores de calor. Convencionalmente, en función de la bondad o perjuicio que causa donde aparece, esta película biológica se suele denominar respectivamente "biopelícula" y "película biológica de ensuciamiento" o lo que es lo mismo "biofouling". Una acepción utilizada es la de "bioincrustación" aunque, a nuestro entender, no expresa correctamente el término "biofouling".

Los métodos utilizados para la monitorización de la evolución y caracterización del biofouling se pueden clasificar como sigue:

- Medidas directas de la cantidad del depósito y/o de su composición.
- Medidas indirectas de la cantidad de depósito por la monitorización de los efectos de

éste sobre las propiedades de transporte del fluido (resistencia a la transferencia de calor, R_f , y resistencia por fricción del fluido, f).

Obviamente, para evitar paradas del equipo, las técnicas utilizadas para la medición del biofouling en un intercambiador de calor real normalmente están basadas en mediciones indirectas donde se supervisan los parámetros de presión, temperatura y caudal. El seguimiento de estos parámetros permitirá establecer los valores de resistencia a la transmisión de calor y resistencia por fricción del fluido, que definen indirectamente la capa de biofouling adherida a la superficie interna del tubo. Con este tipo de medidas no sería posible caracterizar el tipo de biopelícula.

La toma de medidas directas en un intercambiador de calor es compleja por el difícil acceso que presentan los tubos debido a su reducido diámetro y al flujo refrigerante que los atraviesa. En cualquier caso, la obtención de una muestra siempre ha implicado la parada temporal del equipo en cada proceso de muestreo.

El Monitor Combinado de Medición Directa e Indirecta de Biofouling, relaciona directamente estas dos medidas, estando equipado con la instrumentación necesaria para realizar el control indirecto, además de poseer un sistema de medición directo de biofouling que no interrumpe el flujo de refrigeración a la planta real.

Medidas directas:

La medida directa de la cantidad de biofouling es una tarea complicada, en especial cuando el soporte presenta difícil acceso para su manipulación como ocurre en los tubos de un intercambiador de calor-condensador aumentando la dificultad a medida que el diámetro del tubo disminuye.

Tradicionalmente son sólo dos las medidas directas que se realizan sobre la biopelícula: su espesor y su masa. Estos dos parámetros pueden relacionarse por la densidad.

La medida de la masa y el espesor en los equipos de intercambio de calor no se realiza normalmente durante el proceso de funcionamiento del equipo, puesto que no se tiene acceso al interior del mismo y en ningún caso al interior de los tubos. Estas medidas pueden ser realizadas bien al final de los procesos de experimentación, si el equipo es de laboratorio, o en las paradas previstas de mantenimiento si se trata de instalación industrial. Aún en este caso la dificultad de obtención de muestras de la capa de biofouling es grande y suele realizarse con portamuestras colocadas para tal fin.

La masa de biopelícula adherida a la superficie interna de una probeta de superficie y tara conocida se obtiene por medio de técnicas gravimétricas. Una vez que se ha depositado la biopelícula en el interior de la probeta tubular se realiza un proceso de secado al aire, obteniendo la masa de biopelícula húmeda; a continuación, la probeta se introduce en la estufa a 105 °C, hasta peso constante, obteniendo los sólidos totales; y por último, para obtener los sólidos fijos totales adheridos se introduce la probeta en el horno-mufla a 600 °C.

Nishimura et al⁽²⁾ experimentaron diferentes

técnicas para la determinación del peso del fouling depositado sobre una superficie en contacto con agua de mar. El sistema denominado “*settlement test apparatus*”, consiste en un tubo de material acrílico opaco de 65 mm de diámetro interior y 500 mm de longitud y dos medios colectores tubulares del mismo material de 64 mm de diámetro interior y 450 mm de longitud. Cada uno de estos medios colectores está revestido interiormente con una malla. El número de organismos de fouling se mide mediante la determinación del peso húmedo y del peso neto después de un período de 90 días de inmersión en un sistema de recirculación de agua salada. Los organismos obtenidos se sitúan sobre una superficie conocida y pueden ser contados.

Existen otros métodos mediante la técnica directa, de reactores tubulares divididos en secciones o tramos como muestra la figura 1 que se van desmontando sucesivamente durante el ensayo y que implican la interrupción del flujo (en concreto en el dibujo se muestran once secciones de tubo). Estos reactores como el que proponen *Turakhia & Characklis*⁽³⁾, se han utilizado para estudiar la influencia del biofouling a través de tuberías, pero no se han empleado en procesos de intercambio de calor, en los cuales trabaja otro fluido por el exterior del tubo, con la complejidad que conlleva en este caso la toma de muestras. Este sistema de muestreo de probetas se denomina método de desplazamiento.

Otro sistema que supervisa de forma directa el biofouling adherido a la superficie interior del tubo sería mediante el “sistema portaprobeta”⁽⁴⁾ diseñado por este mismo equipo de investigación, pero tiene el inconveniente de que no se puede hacer un seguimiento continuo, puesto que la obtención de la muestra se obtiene una vez que esté parado el flujo de agua de mar.

El “sistema portaprobeta” consiste en alojar una probeta del mismo material que el tubo del intercambiador de calor con la que se puede obtener muestras de biofouling una vez parado el circuito de agua de refrigeración, realizando así los estudios oportunos.

El “sistema portaprobetas” (1), figura 2, está instalado en la salida de agua de mar de refrigeración de cada tubo intercambiador (2), después de la placa tubular (3). El sistema lo componen un manguito de protección catódica (4), compuesto de un recubrimiento de cobre (5) por el exterior y uno de plástico (6) por el interior, instalado en el circuito para evitar la acción galvánica. La probeta (7) va alojada en una pieza de teflón (8) dispuesta para tal fin, de manera que conocida la superficie donde se adhiere la capa de biofouling y estableciendo una densidad de 1025 g/L podemos calcular el espesor.

Medidas indirectas:

Las medidas indirectas se utilizan en las plantas industriales y de laboratorio en las cuales no se pueden aplicar medidas directas, como por ejemplo en intercambiadores de calor-condensadores. Una de éstas se basa en la medición real del constituyente específico de una biopelícula. Para ello se controlan parámetros como el carbono orgánico total, la demanda química de oxígeno,

las proteínas, y los polisacáridos. Otro método se basa en la actividad microbiana dentro de la biopelícula, y por último, el método de medición de biopelícula, basado en el control de las propiedades de transporte del fluido. Este método consiste en controlar la biopelícula o biofouling por medio de sensores, como son los medidores de caudal, transmisores de presión diferencial y termorresistencias, que mediante un programa de software que contiene las ecuaciones propias del proceso, supervisa los dos parámetros que definen indirectamente el biofouling adherido en la superficie interna del tubo: la resistencia por fricción de un fluido (f), y la resistencia a la transferencia de calor (R_f)⁽⁵⁾. Este último método es el que se utiliza en el Monitor propuesto.

El método de medición indirecta basada en propiedades de transporte de fluido se ha utilizado, en diferentes experimentos^(4,6). El sistema de instrumentación y adquisición de datos utilizado por *Girón*⁽⁴⁾ se representa en la figura 3. En este experimento se monitoriza un planta piloto de intercambiadores de calor (9) de cuatro tubos (10) funcionando como sistema independiente cada uno de ellos y consta de los siguientes elementos: medidores de caudal del agua de alimentación (11), medidores de caudal del agua de recirculación, transmisores de presión diferencial (12), termorresistencias (13) y sistemas de adquisición de datos (14).

Referencias bibliográficas:

(1) Eguía, E.;(1998); *El Problema del Biofouling en Intercambiadores de Calor-Condensadores Refrigerados por Agua de Mar*. Lección apertura de curso académico 1998-1999. Servicio de publicaciones de la Universidad de Cantabria. ISBN :84-8102-207-1

(2) Nishimura, K. et al; (1988); *Development of a New Antifouling Method for a Marine Cooling Water System*. Marine Biology, Vol. 99, pp. 145-150.

(3) Turakhia, M. H. & Characklis, W. G.; (1983); *Can. J. Chem. Eng.*, 61, pp. 873-875.

(4) Girón Portilla, M. A.; (1997); Tesis Doctoral; *Investigación experimental del crecimiento de la película biológica en intercambiadores de calor-condensadores y métodos alternativos para la eliminación de la bioincrustación desarrollada*. p. 364.

(5) Characklis, W. G. & K. C. Marshall; (1990); *Biofilms: A Basis for an Interdisciplinary Approach*. Biofilms, Wiley Series in Ecological and Applied Microbiology, pp. 3-15.

(6) Chow, W. et al; (1987); *Experimental Test Facility for Evaluating Marine Biofouling in Condensers: Test with Targeted Chlorination*. American Society of Mechanical Engineers Heat Transfer Division, ASME, Vol. 86, pp. 15-22.

Descripción de la invención

El invento consiste en un sistema de medición directa e indirecta del proceso de intercambio de calor entre dos fluidos, con crecimiento de película biológica en el interior de los tubos (biofouling) debido a que ese fluido contiene microorganismos (en el caso particular: agua de mar). El sistema valora en continuo el crecimiento del biofouling adherido en la superficie interna de unas probe-

tas situadas en el Monitor, que reciben los dos fluidos que evolucionan en la planta real de intercambio de calor. Este Monitor consta de dos partes diferenciales: la que supervisa el biofouling mediante un sistema directo, y la que controla este fenómeno no deseable de forma indirecta.

El Monitor Combinado de Medición Directa e Indirecta de Biofouling consta de dos circuitos, el de refrigeración y el de calefacción. Estos circuitos reciben los mismos fluidos que evolucionan en la planta real. En el primer circuito están instaladas una probetas de características geométricas, y de material, semejantes a las de la planta real, donde se deposita el biofouling. En este Monitor se tienen las mismas condiciones de funcionamiento que en la planta real: los mismos fluidos con sus parámetros físicos químicos y biológicos idénticos, las temperaturas interiores y exteriores de un tubo, su longitud y diámetro, el caudal de agua de refrigeración, y la velocidad del fluido interior.

Descripción de las figuras

Figura 1: Reactor tubular dividido en secciones o tramos que se pueden desmontar sucesivamente pero implican la interrupción de flujo (Turakhia & Characklis, 1983).

Figura 2: Sistema portaprobetas para el seguimiento no continuo de biofouling en una superficie tubular.

Figura 3: Sistema indirecto de medición de biofouling en intercambiadores de calor.

Figura 4: Representación esquemática del Monitor MCMDIB en lo que se refiere a medición directa.

Figura 5.a y 5.b: Representación detallada del Monitor MCMDIB.

Modo de realización preferente de la invención

El prototipo debe ser calculado para cada caso concreto, puesto que el Monitor, puede utilizarse para distintos procesos de intercambio de calor como pueden ser, enfriamiento, condensación o calentamiento.

El invento en cuestión se utilizaría como apoyo auxiliar a una planta real donde existan estos procesos.

La originalidad de la invención radica por una parte, en la posibilidad de controlar directamente el biofouling depositado en el circuito de refrigeración por medio de un sistema de probetas, dispuestas en serie, instaladas en el interior del Monitor Combinado de Medición Directa e Indirecta de Biofouling, sin interrupción del flujo de refrigeración. La figura 4 muestra esquemáticamente el Monitor-Intercambiador de calor. En este intercambiador se detalla la entrada y salida del fluido caliente (15, 16) que rodea el exterior del haz tubular y por el interior de éste pasa el agua de refrigeración (en nuestro caso, el agua de mar) (17) que absorbe calor del fluido caliente. Este haz tubular está formado por un tubo soporte (18) que aloja en su interior unas probetas de muestreo (19). Estas probetas son las que están expuestas

al agua de refrigeración y, por lo tanto, donde se da el fenómeno no deseable del biofouling. Con este sistema, aplicando una fuerza "F" (20) longitudinal al cilindro de empuje (21) se pueden obtener las probetas de muestreo en el extremo opuesto del monitor (22) sin necesidad de suspender el aporte del fluido de refrigeración.

Por otra parte, una de las técnicas de medición indirecta del crecimiento del biofouling se combina con la medición directa arriba descrita en el mismo Monitor. De esta forma se consigue tener una visión muy completa del proceso que se está desarrollando en el interior del tubo, y de los efectos que causa este hecho sobre la transferencia de calor y la resistencia al flujo. Por lo tanto, esta medida indirecta, basada en controlar las propiedades de transporte del fluido, figuras 5a y 5b, consiste en acoplar sensores, tales como: medidores de caudal (30), transmisor de presión diferencial (31) y termorresistencias (29) al Monitor. Con un programa de software que contiene las ecuaciones propias de los procesos a controlar, se supervisa en tiempo real en una pantalla de ordenador todas las evoluciones seguidas por los parámetros controlados y se crea un histórico de todas sus evoluciones en el tiempo para su posterior análisis de cara a optimizar el tratamiento físico o químico a seguir para eliminar el problema del biofouling.

El número de muestras o probetas que se introducen en el Monitor está en función del número de mediciones que se quieran realizar.

La ventaja del Monitor es que en ningún momento se interrumpe la circulación del fluido refrigerante a la planta principal (la importancia de este factor es vital puesto que con las interrupciones de flujo se producen desprendimientos de la biopelícula y como consecuencia de ello errores en las mediciones efectuadas durante los procesos de funcionamiento, aparte de los problemas aún más importantes como son los económicos derivados de la parada prevista o imprevista de un proceso de intercambio de calor que obliga a la parada de la Central). Además, el acoplamiento al Monitor de la instrumentación necesaria para el seguimiento de los parámetros f y R_f (medición indirecta) hace de éste un seguidor fiel de la evolución de biofouling en el interior del tubo, pudiendo de este modo optimizar el tratamiento físico o químico, por ejemplo, la dosificación de biocidas para la eliminación o minimización del problema. El impacto económico y medioambiental de estos tratamientos actuales motivan aún más el diseño de este Monitor que funciona en paralelo con la planta real, representando la evolución de biofouling de esta última.

Un intercambiador de calor puede trabajar como calentador, enfriador o condensador. El prototipo objeto de nuestra investigación funciona como condensador, donde el sistema de refrigeración es el agua de mar, y el fluido caliente es el agua dulce, exenta de microorganismos, en un circuito cerrado que simula, por medio del mantenimiento constante de la temperatura exterior del tubo entre la entrada y la salida, un proceso de condensación en película de un vapor de agua a la temperatura de saturación correspondiente a la presión del condensador.

El agua de refrigeración utilizada en nuestra experimentación es el agua de mar, la cual contiene los microorganismos y nutrientes suficientes para crear una película en las superficies artificiales con las que entra en contacto, y que por su efecto perjudicial denominamos fouling en general o biofouling en particular. Los depósitos biológicos adheridos en la superficie interior de los tubos de un intercambiador de calor-condensador tubular, suponen un gran problema en la industria, tanto terrestre como naval, puesto que aumentan el factor de fricción y disminuyen la transferencia de calor, causando, en el caso de condensadores, pérdidas de presión de vacío y la consiguiente disminución del rendimiento térmico del ciclo.

Con el Monitor se consigue conocer en los periodos de muestreo la cantidad de biofouling adherido a la superficie interna del tubo y los efectos causados sobre las propiedades de transporte del fluido.

El Monitor se compone de los siguientes elementos (figuras 5.a y 5.b):

- ⇒ Medición Directa del Biofouling
 - ⇒ Cilindro de empuje (21)
 - ⇒ Prensas de estanqueidad (23)
 - ⇒ Tubo soporte de probetas muestra (18)
 - ⇒ Probetas muestra (19)
 - ⇒ Distanciador terminal (24)
- ⇒ Circuito de refrigeración
 - ⇒ Bomba de alimentación (25)
 - ⇒ Tubería flexible (26)
 - ⇒ Accesorios de acoplamiento entre tuberías (27)
 - ⇒ Colector de muestras (22)
- ⇒ Circuito de agua de caliente
 - ⇒ Carcasa exterior con la entrada y salida del agua de calefacción (15, 16)
 - ⇒ Fluido caliente
 - ⇒ Aislante térmico (28)
 - ⇒ Instrumentación: medidor de caudal y sensores de temperatura (29)
- ⇒ Medición Indirecta del crecimiento del Biofouling
 - ⇒ Medidor de caudal del agua de alimentación (30)
 - ⇒ Medidor de caudal del agua de recirculación
 - ⇒ Transmisor de presión diferencial (31)
 - ⇒ Medidores de temperatura (Pt100) (29)
 - ⇒ Sistema de adquisición de datos (32)
- ⇒ Equipo dosificador de reactivos
 - ⇒ Tanque de almacenamiento de reactivos (33)
 - ⇒ Bomba dosificadora de reactivos (34)

El agua de refrigeración (agua de mar) es introducida en el tramo de probetas de muestreo (19) mediante una tubería flexible (26) y un cilindro de empuje hueco (21). Esta disposición permite el movimiento deslizante de dicho cilindro a través del prensa de estanqueidad (23). Mediante el movimiento manual del cilindro se van extrayendo las probetas muestra periódicamente en los intervalos estipulados. El Monitor consta de tantas probetas como muestreos periódicos se vayan a efectuar. Antes de producirse la extracción de la probeta es necesario desplazar el distanciador

terminal (24), obteniéndose las probetas en el colector de muestras (22). El distanciador terminal, que está alojado al final del tubo soporte junto al prensa de estanqueidad, es un tope de medida longitudinal que asegura que la última probeta esté en la posición adecuada dentro de la carcasa del Monitor-intercambiador, en contacto con el fluido caliente.

El fluido caliente es en nuestro agua dulce tratada adecuadamente para evitar que se cree biopelícula en el exterior del tubo de empuje. En el circuito del fluido caliente se ha incluido la carcasa del intercambiador que está aislada térmicamente (28). El fluido está en contacto con el tubo soporte (18) cuyo coeficiente de transmisión de calor es conocido. La transmisión de calor del fluido caliente al frío se realiza a través de este tubo soporte y las probetas muestra (19) objeto del estudio. En nuestro caso, como se simula un proceso de condensación, el agua de la carcasa se mantiene a una temperatura constante, existiendo una variación de temperatura entre la entrada y la salida (15, 16) que es inapreciable para el estudio que se realiza. La temperatura constante del fluido caliente se consigue mediante un sistema de calefacción y un caudal predeterminado que asegura esta condición.

Una vez explicados los dos circuitos, el funcionamiento del prototipo es el siguiente: en primer lugar se tiene que tener una previsión del tiempo del estudio que se quiere realizar. En nuestro caso se estipuló un período de dos meses de crecimiento de biofouling. En función del tiempo total de experimentación se marcan los tiempos de muestreo que fueron de una semana, así que se tuvieron que mecanizar ocho piezas de tamaño adecuado para alojarse dentro del intercambiador. Una vez puesto en funcionamiento el intercambiador de calor de la planta, y pasado el tiempo de muestreo (una semana para la primera probeta), se desmonta el prensa de estanqueidad de la salida (23), se quita el distanciador terminal (24), y por el otro lado del intercambiador se afloja el otro prensa (23) y mediante un empuje en sentido longitudinal (20), la probeta nº 1 aparece por la salida del intercambiador donde es recogida. No se hace necesario cortar el flujo de agua de mar que provocaría interferencias en el estudio del crecimiento de biofouling, como pueden ser turbulencias, cambios de temperatura, desprendimiento de la capa de biofouling, etc.

A este Monitor se le ha equipado con un equipo dosificador de reactivos (método químico de tratamiento) compuesto por un tanque de almacenamiento de reactivos (33) y una bomba dosificadora (34), para poder eliminar o minimizar la capa de biofouling adherida a la superficie interna que permita recuperar las condiciones de transferencia de calor y resistencia al flujo más adecuadas desde el punto de vista económico y medioambiental.

Los requisitos en cuanto dimensiones del Monitor son los siguientes: que el tubo de empuje tenga la longitud de la carcasa del intercambiador y que el tubo distanciador sea de una longitud tal que abarque la del prensa más la salida del tubo soporte.

REIVINDICACIONES

1. Monitor combinado de medición directa e indirecta de biofouling en un intercambiador de calor, que se **caracteriza** por medir en continuo, y en tiempo real, los parámetros de resistencia a la transferencia de calor, R_f , y factor de fricción, f , que definen indirectamente el biofouling adherido a la superficie interna de los tubos de un haz tubular de un intercambiador, y además permite conocer en periodos de funcionamiento de la planta real el espesor de biofouling acumulado y el resto de las características físicas, químicas y biológicas del mismo (medidas directas). Esta combinación de medidas hace que el Monitor sea un seguidor fiel del proceso de deposición y acumulación de biofouling en la superficie interna del tubo de una planta real de intercambio de calor.

2. Monitor combinado de medición directa e indirecta de biofouling en un intercambiador de calor, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por ser un equipo portátil, que dispone de una serie de probetas dispuestas en serie y de uno o más tubos, de características geométricas, y de material, idénticas a las de la planta real, que puede trabajar en paralelo con la misma, utilizando los mismos fluidos y manteniendo los parámetros de funcionamiento idénticos.

3. Monitor combinado de medición directa e indirecta de biofouling en un intercambiador de calor, de acuerdo con la reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** por poder ajustar los tratamientos físicos ó químicos de eliminación total o parcial del biofouling desarrollado en la planta real, que aseguren el correcto desarrollo del proceso de intercambio de calor entre los dos fluidos, por medio de un control en tiempo real, y de un histórico almacenado en el ordenador, al disponer de un sistema de adquisición de datos y del software nece-

sario que contiene las ecuaciones propias relacionadas con el intercambio de calor y resistencia al flujo.

4. Monitor combinado de medición directa e indirecta de biofouling en un intercambiador de calor, de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 y 3, **caracterizado** por disponer de un sistema de adición de reactivos químicos que permite, mediante el análisis experimental, optimizar las dosis de biocida a fin de minimizar el costo económico y medioambiental.

5. Monitor combinado de medición directa e indirecta de biofouling en un intercambiador de calor, de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2, 3 y 4, **caracterizado** por tener una toma en la salida del agua de refrigeración para poder obtener una muestra del efluente y así poder verificar que los niveles del biocida residual están dentro de los límites permitidos por la legislación vigente, y en todo caso, ajustar las concentraciones del biocida para minimizar el impacto medioambiental.

6. Monitor combinado de medición directa e indirecta de biofouling en un intercambiador de calor, conforme con las reivindicaciones 1, 2, 3, 4 y 5, está **caracterizado** por la posibilidad de estudiar en él nuevos biocidas que no sean tóxicos en el efluente.

7. Monitor combinado de medición directa e indirecta de biofouling en un intercambiador de calor, de acuerdo con la reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** por ofrecer la posibilidad de ajustar el número de probetas a la duración del ensayo.

8. Monitor combinado de medición directa e indirecta de biofouling en un intercambiador de calor, de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 y 7, **caracterizado** por poder adaptarse a numerosos equipos de la instalación tanto de enfriamiento como de condensación refrigerados por agua natural que contenga microorganismos y nutrientes.

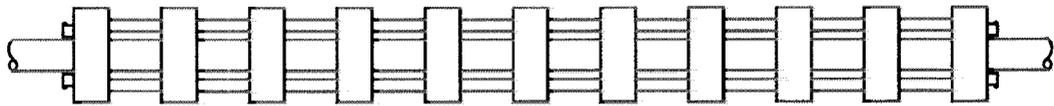


Figura 1

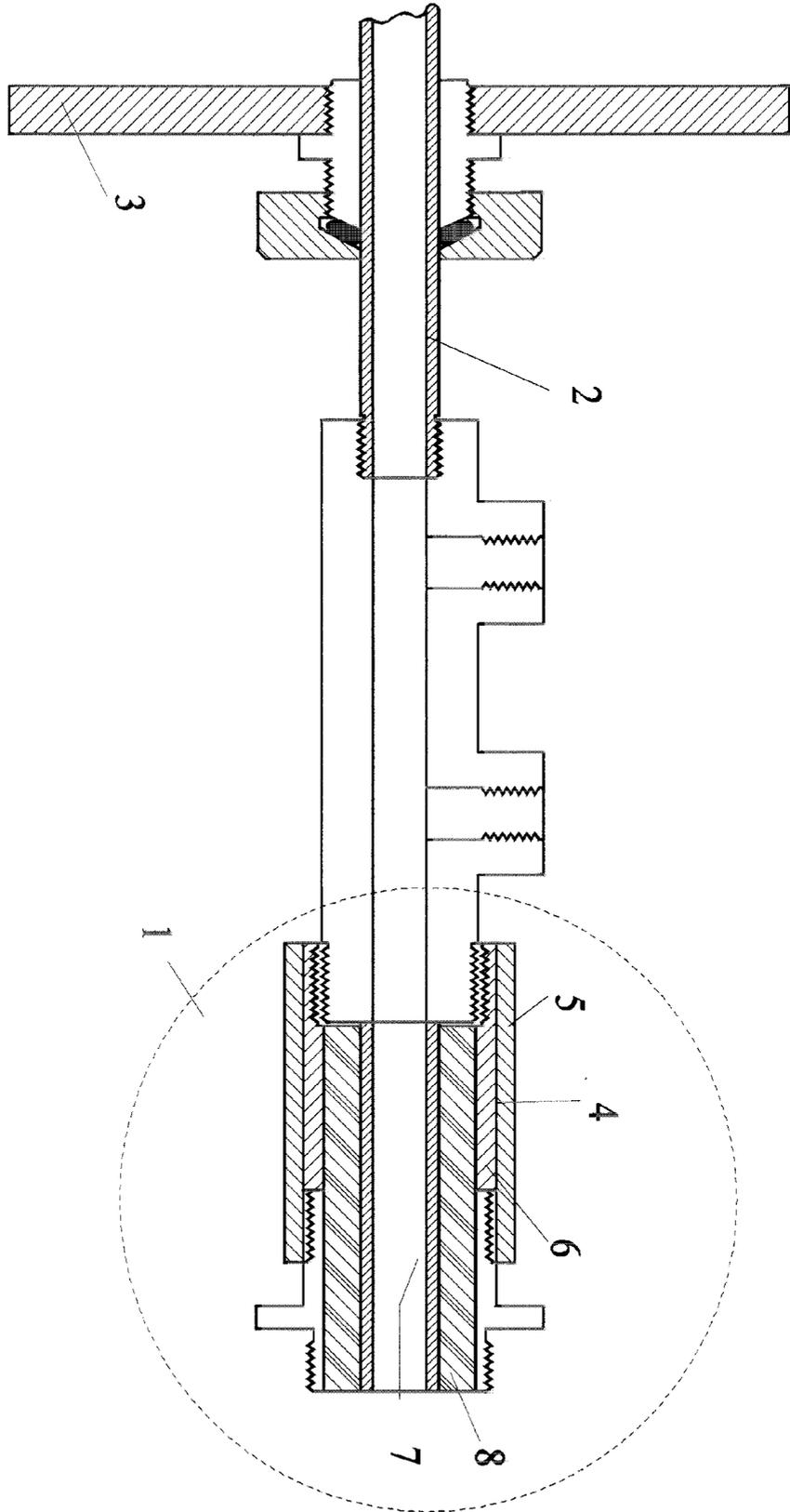


Figura 2

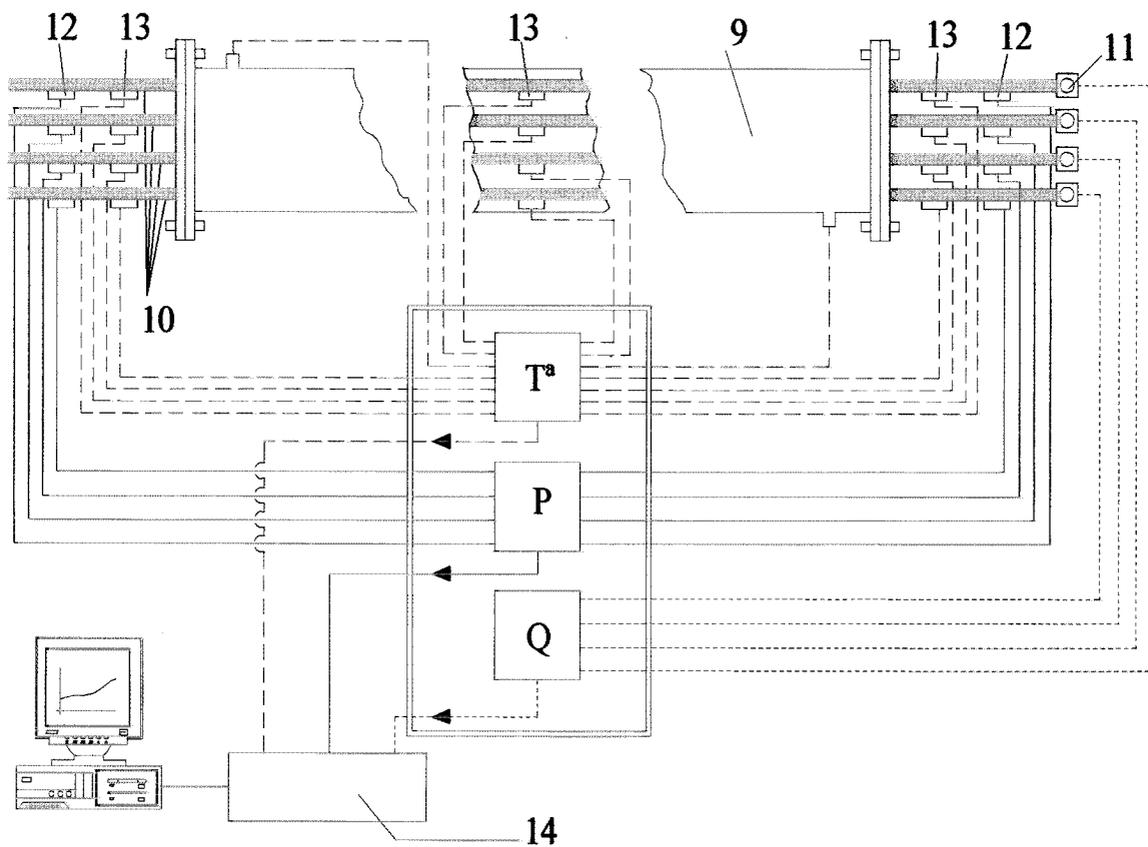


Figura 3

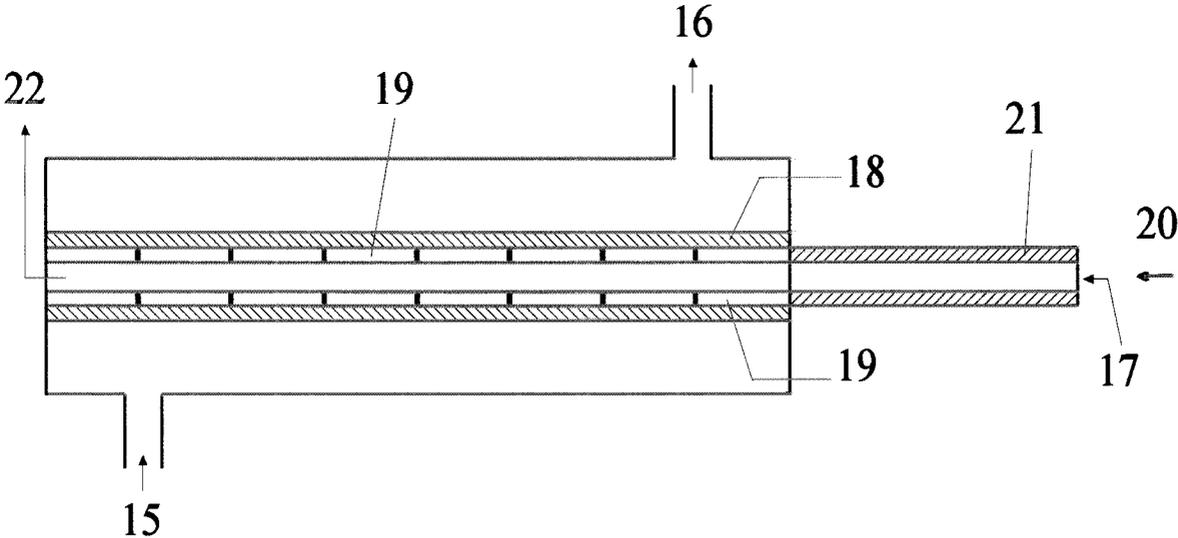


Figura 4

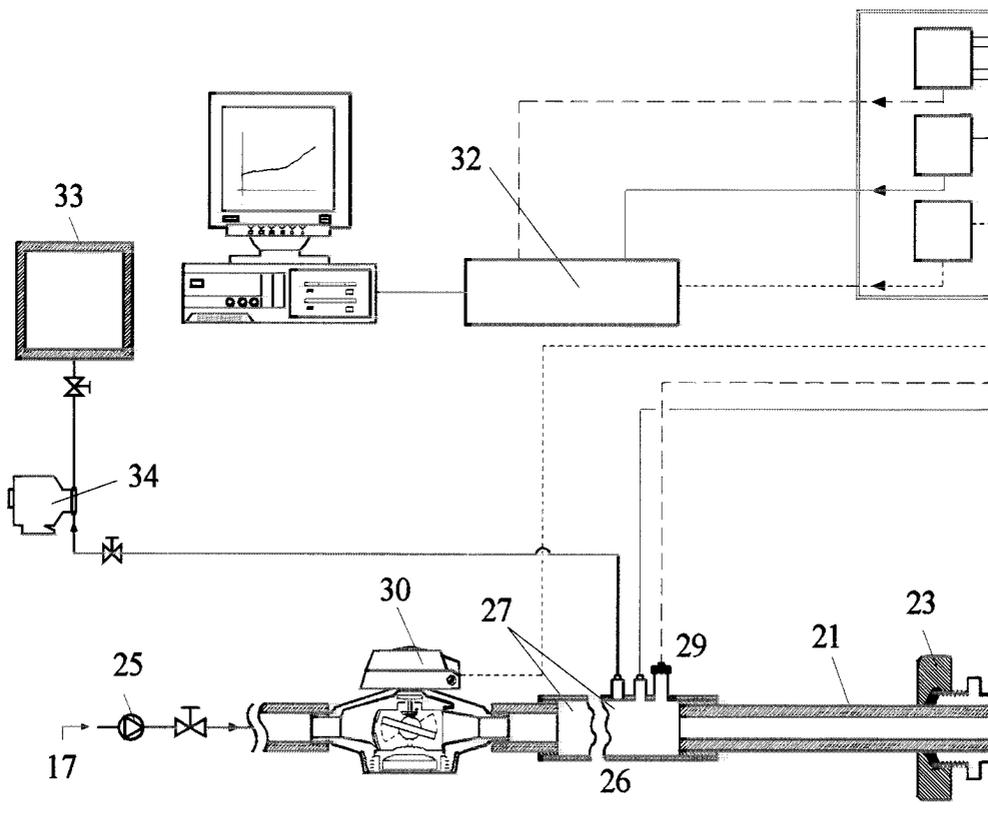


Figura 5.a

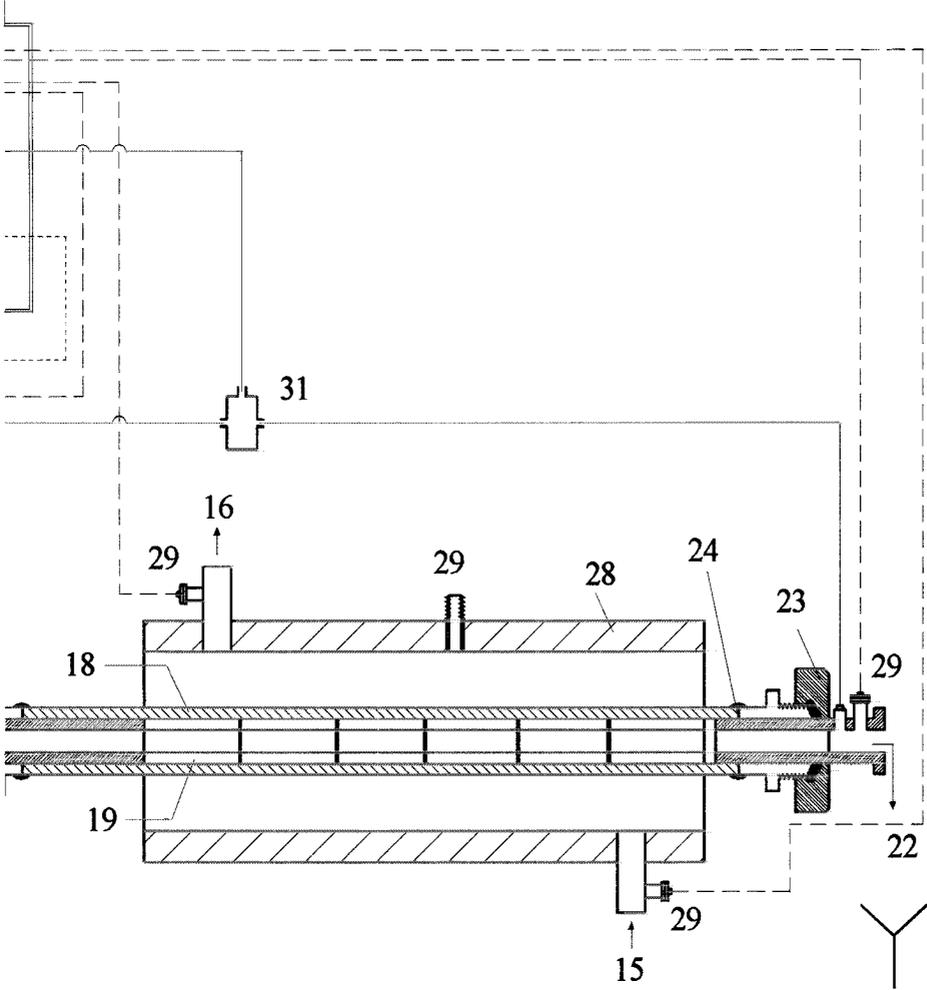


Figura 5.b



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.⁷: F25B 49/00, G01N 33/18

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 4766553 A (KAYA et al.) 23.08.1988, reivindicaciones 1-3; figura 1.	1
A		2-8
X	PATENT ABSTRACT OF JAPAN, CD-ROM MIJP 9803 PAJ / 1998 - 7 [42] [10-056801/10-084700] & JP 10-082597 A (KANKOKU DENRYOKU KOSHA) 31.03.1998	1
Y	EP 155826 A (THE BABCOCK & WILCOX COMPANY) 25.09.1985, resumen; página 1 - página 3, línea 2; página 8, línea 8 - página 10, línea 14.	1
A		8
Y	US 4521864 A (CHARACKLIS) 04.06.1985, columna 1, líneas 26-68; columna 2, líneas 15-36; columna 3, líneas 32-43; columna 3, línea 64 - columna 4, línea 64.	1
A	WO 9714034 A (ASHLAND) 17.04.1997, página 10, línea 20 - página 14, línea 15; reivindicación 1.	1-8
A	US 4044605 A (BRATTHÄLL) 30.08.1977, reivindicación 1; columna 1, línea 40 - columna 3, línea 5.	1-8

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe

25.09.2000

Examinador

L. García Aparicio

Página

1/1