

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 043**

51 Int. Cl.:

C02F 5/10 (2006.01)

G01N 33/18 (2006.01)

G01N 21/64 (2006.01)

C02F 103/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05739921 .4**

96 Fecha de presentación: **25.04.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1740506**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.01.2007**

54 Título: **Control de un sistema de agua de refrigeración usando la tasa de consumo de un polímero fluorescente**

30 Prioridad:
30.04.2004 US 836760

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.06.2012

73 Titular/es:
**NALCO COMPANY
1601 W. DIEHL ROAD
NAPERVILLE, IL 60563-1198, US**

72 Inventor/es:
**MORIARTY, Barbara, E.;
RAO, Narasimha, M.;
XIONG, Kun;
CHEN, Tzu-Yu;
YANG, Shunong y
CHATTORAJ, Mita**

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 382 043 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

Control de un sistema de agua de refrigeración usando la tasa de consumo de un polímero fluorescente

Campo de la invención

5 La presente se invención se refiere a un método para controlar sistemas de agua de refrigeración basado en información calculada

Antecedentes de la invención

10 Un sistema de agua de refrigeración comprende una torre de refrigeración, cambiadores de calor, bombas, y todas las tuberías necesarias para mover el agua a través del sistema. El control de un sistema de agua de refrigeración está basado en equilibrar el deseo de explotar el sistema de agua de refrigeración en ciclos de concentraciones lo más altas posibles sin incurrir en situaciones perjudiciales de incrustaciones, corrosión, suciedad o de control micro-biológico.

Un ciclo de concentración se define para una especie específica como:

Nivel de la especie específica en la torre de refrigeración de agua

Nivel de la especie específica en el agua de reposición

15 Por ejemplo, donde la especie específica es el ión calcio (Ca^{2+}), y está pasando un sistema de agua de refrigeración a 500 ppm de Ca^{2+} , con 150 ppm de Ca^{2+} en el agua de reposición, el sistema de agua de refrigeración está pasando a 3,3 ciclos de concentración. Al operar un sistema de agua de refrigeración es deseable conseguir el número máximo de ciclos de concentración para evitar la pérdida innecesaria de agua en la purga, así como la innecesaria sobrealimentación de productos químicos de tratamiento que incluyen, pero que no se limitan a, polímeros de tratamiento. Los ciclos máximos de concentración, para un sistema de agua de refrigeración, están limitados por los
20 sucesos no deseables, tales como las incrustaciones y la corrosión, que tienen lugar cuando la cantidad de especies específicas en la torre de refrigeración de agua alcanza cierto nivel, de forma que la especie contribuye a estos problemas.

25 En la actualidad, hay varios modos conocidos usados para controlar los ciclos de concentración en los sistemas de agua de refrigeración. El control de los ciclos de concentración se hace típicamente controlando el caudal de agua "dulce" (procedente de uno o más orígenes), conocido como agua de reposición que entra en el sistema, y controlando el caudal principal que sale del sistema, denominado purga. Con el fin de controlar el flujo de agua de reposición, una bomba o una válvula controla el flujo de agua de reposición que entra en la torre de refrigeración y se usa habitualmente un controlador del nivel en el depósito de la torre de refrigeración o "colector". El controlador del nivel está conectado a la bomba del agua de reposición, y cuando disminuye el agua del colector hasta un punto por debajo del valor prefijado para el controlador del nivel, se activa la válvula o la bomba del agua de reposición.
30

35 La conductividad es el método típico de control de la purga. A efectos de esta solicitud de patente, la conductividad se define como la medida de la conductividad eléctrica del agua que está presente debido a las especies iónicas que están presentes en el agua. La conductividad se puede usar para controlar el sangrado de la purga, debido a que la conductividad se puede usar fácilmente para estimar la cantidad global de especies iónicas presentes en el agua y se puede poner un simple controlador para abrir la válvula o la bomba con el fin de que comience la purga cuando la conductividad del agua del depósito supera un cierto valor prefijado.

40 Hay límites a lo útil que es la conductividad para el control de un sistema de agua de refrigeración ya que la conductividad no es nada más que una medida indirecta de la tendencia del agua a las incrustaciones, indicada por la cantidad de especies iónicas presentes. Pequeñas cantidades de especies formadoras de incrustaciones, tales como los iones fosfato, no añaden capacidad de medición a la conductividad, pero pueden dar como resultado sucesos significativos de incrustaciones. De manera similar, si la proporción de especies formadoras de incrustaciones presentes en el agua respecto a la de especies no formadoras de incrustaciones, cambia con el tiempo, el control de purga basado en la conductividad es un medio inadecuado para controlar una torre de refrigeración. Si la proporción aumenta, puede dar como resultado la formación de incrustaciones. Si la proporción disminuye, la torre de refrigeración opera con menos de los ciclos óptimos de concentración, dando como resultado el despilfarro de agua y de productos químicos usados para tratar el sistema, y dando como resultado otros problemas tales como la corrosión.
45 Otro asunto que tiene que ver con el control basado en la conductividad en sistemas con carbonato de calcio es que, por encima del umbral de formación de incrustaciones, la torre de refrigeración puede actuar como una "reblandecedor de la cal". En estas situaciones, a medida que el carbonato de calcio precipita, la conductividad del sistema no cambia proporcionalmente con los ciclos de la torre, dando como resultado un serio problema de formación de incrustaciones. En la técnica del agua de refrigeración, se entiende que no se puede depender solamente de la conductividad como el único método, basado en la analítica, para el control de una torre de refrigeración.
50

Como alternativa, un temporizador puede controlar el sangrado de la purga sin medir realmente alguna de las especies específicas que hay en el agua. Además de, o en lugar de, los anteriores esquemas de control, se pueden usar

medidores del flujo de agua en la purga y en el agua de reposición, junto con un controlador microprocesador para hacer un balance de masas del agua de refrigeración global.

Un problema con estos esquemas de control conocidos es que cuando la purga se controla mediante la conductividad, y la reposición se controla mediante un controlador del nivel, si la composición del agua de reposición habitual es variable, o si hay fuentes alternativas del agua de reposición que son significativamente diferentes a las de la fuente habitual del agua de reposición, o si hay fuentes alternativas de la purga que son desconocidas, los controladores de nivel y la conductividad no pueden dar cuenta de todos los sucesos que se están produciendo en el sistema. En estos casos, el sistema de agua de refrigeración está normalmente controlado por el operario que está al cuidado del valor prefijado de la conductividad, lo que origina un gasto no deseado debido al uso no óptimo de los productos químicos de tratamiento y del agua.

Muchos sistemas de agua de refrigeración usan productos de tratamiento para controlar los sucesos no deseados, tales como la formación de incrustaciones, corrosión, suciedad y crecimiento microbiológico. Estos productos de tratamiento comprenden polímeros y otros materiales, y son conocidos por los expertos en la técnica de los sistemas de agua de refrigeración. Se puede poner un sistema de control de las aguas de refrigeración para introducir el producto de tratamiento basado, o bien en un mecanismo de sangrado/alimentación donde la acción de purga pone en acción una bomba o válvula de alimentación de los productos químicos que introduce el producto de tratamiento, o en otra opción, el sistema de control del agua de refrigeración introduce el producto de tratamiento basándose en temporizadores que usan un "horario de alimentación", o medidores de flujo en la línea del agua de reposición, y ponen en acción el bombeo del producto de tratamiento basándose en una cierta cantidad de agua de reposición que se está bombeando. Una limitación de estos métodos de control es que ninguno de estos sistemas mide directamente, sobre la marcha, la concentración del producto de tratamiento, de forma que si hay un problema mecánico, por ejemplo si una bomba falla, un depósito se vacía, o se produce una purga alta, baja, o desconocida, el volumen del sistema cambia, o la calidad del agua de reposición cambia, la concentración correcta del producto de tratamiento no se mantiene. Debido a que este problema es corriente, habitualmente los sistemas de agua de refrigeración están cada uno de ellos sobrealimentados para asegurar que el nivel de producto de tratamiento en el sistema no caiga demasiado bajo, como resultado de la alta variabilidad en la dosificación del producto, o de que el producto de tratamiento esté subalimentado sin saberlo. Tanto la sobrealimentación como la subalimentación del producto de tratamiento no son deseables debido a los inconvenientes de coste y de rendimiento.

Un aspecto de los esquemas de control conocidos es un producto químico fluorescente e inerte que se añade al sistema de agua de refrigeración, en una proporción conocida respecto al componente activo de la alimentación del producto de tratamiento, y el uso de un fluorómetro para controlar la señal fluorescente del producto químico fluorescente inerte. Éste se puede conseguir comercialmente como TRASAR® de Nalco Company, 1601 W. Diehl Road, Naperville IL 60563 (630) 305-1000. Cuando se usa TRASAR®, la señal fluorescente del producto químico fluorescente inerte se usa entonces para determinar si está presente la cantidad deseada de producto de tratamiento en la torre de refrigeración, y los parámetros de operación, como por ejemplo la purga, se pueden entonces ajustar opcionalmente para asegurar que esté presente la cantidad deseada de producto de tratamiento.

Muchas de las actuales torres de refrigeración usan trazadores fluorescentes inertes para controlar el nivel de producto de tratamiento en el sistema, y también usan un controlador de la conductividad para medir la conductividad en el agua.

Las torres de refrigeración que usan tanto un trazador fluorescente inerte como la conductividad, usan los siguientes tipos de información con el fin de controlar la torre. Por ejemplo, se establece que una torre de refrigeración con la habitual reposición de agua que tiene: 150 ppm de Ca^{2+} , 75 ppm de Mg^{2+} y 100 ppm de "alcalinidad M"; con una conductividad de 600 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) funcione a 500 ppm de Ca^{2+} . Con el fin de operar dentro de los niveles aceptables, los ciclos de concentración para este sistema de agua de refrigeración son 3,3 (calculado dividiendo 500 entre 150). Hacer funcionar el sistema a 500 ppm de Ca^{2+} corresponde a valor prefijado de conductividad de 3,3 veces 600, o sea 1980 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cuando la conductividad excede este valor prefijado, el sistema está configurado para purgar automáticamente una porción de agua de refrigeración "concentrada" ("concentrada" haciendo referencia al agua del sistema con un nivel de iones inaceptablemente alto) que es sustituida con agua dulce de reposición (donde "dulce" se define como que tiene un nivel inferior iones formadores de incrustaciones que el agua de refrigeración "concentrada"). Esto disminuye la conductividad y los iones de dureza (Ca^{2+} y Mg^{2+}) por medio de la dilución. La dilución reduce también la cantidad de producto químico trazador fluorescente inerte en el sistema. La disminución de la cantidad de trazador fluorescente inerte en el sistema disminuye la señal fluorescente procedente del trazador fluorescente inerte. Cuando la señal fluorescente procedente del trazador disminuye, el sistema de control del trazador está dispuesto para introducir una mezcla nueva de producto de tratamiento y producto químico trazador fluorescente inerte para compensar la disminución de la fluorescencia que se perdió en la purga.

Un método conocido de control de la cantidad de producto para el tratamiento del agua que se añade al sistema de agua de refrigeración implica el uso de otro aspecto del TRASAR®. Esto implica usar un producto de tratamiento que contiene un polímero fluorescente que o bien es inherentemente fluorescente o que ha sido "marcado" con un resto fluorescente. Estos polímeros fluorescentes no son inertes, es decir, se supone que se van a consumir a medida que funcionan para tratar cualquier condición relacionada con el funcionamiento para el que están diseñados. Por

eso, midiendo la señal fluorescente del polímero fluorescente es posible determinar el polímero activo en el sistema, y conociendo esto se va a ser capaz de determinar la cantidad de consumo del polímero fluorescente. Conociendo la cantidad de consumo del polímero fluorescente es posible usar esa información para controlar la alimentación del nuevo producto de tratamiento que contiene el polímero fluorescente.

5 Una referencia en este área es la titulada "The Chemical Treatment of Cooling Water" (El tratamiento químico del agua de refrigeración), segunda edición, de James W. McCoy, ©1983 por Chemical Publishing Co., Inc., véase el capítulo I, Principles of Open Recirculating Cooling Water Systems (Principios de los sistemas de agua de refrigeración con recirculación abierta), páginas 1-20; capítulo III, Scaling and Fouling (Formación de incrustaciones y suciedad), páginas 48-81; capítulo VI, Operating Procedures (Procedimientos de operación), páginas 198-226, y Apéndice, Glosario, páginas 268-273.

Otra referencia en este área es la titulada "High Cycle Cooling Tower Operations: Hurdles and Solutions" (Operaciones de las torres de refrigeración de alto número de ciclos: obstáculos y soluciones), Hoots y colaboradores, páginas 388-397, que se presentó en el 60th Annual Meeting of the International Water Conference (60º Encuentro anual de la Conferencia internacional sobre el agua), mantenido el 18-20 de octubre de 1999.

15 La Patente de EE.UU. N° 6.280.635, se titula Autocycle Control Of Cooling Water Systems (Control automático de los ciclos de los sistemas de agua de refrigeración). Esta patente, expedida el 28 de agosto de 2001, describe y reivindica un método de control automático de los ciclos de un sistema de agua de refrigeración que comprende los pasos de:

20 a) añadir un producto de tratamiento a dicho sistema de agua de refrigeración, comprendiendo dicho producto de tratamiento un trazador fluorescente inerte y un polímero fluorescente en una proporción establecida;

b) proporcionar un número suficiente de fluorómetros;

c) usar dicho número suficiente de fluorómetros para medir la señal fluorescente de dicho trazador fluorescente inerte y la señal fluorescente de dicho polímero fluorescente en el agua procedente del sistema de aguas de refrigeración;

25 d) usar estas señales fluorescentes medidas, procedentes del paso c), para determinar la cantidad de dicho polímero fluorescente presente en dicho sistema de agua de refrigeración;

e) comparar la cantidad de dicho polímero fluorescente presente con la cantidad de polímero fluorescente que está siendo introducido en el sistema, para determinar el consumo de dicho polímero fluorescente; y

30 f) usar dicho consumo de dicho polímero fluorescente para controlar los ciclos de concentración de dicho sistema de agua de refrigeración, a condición de que dicho control se ponga en práctica relacionando alguno de, o todos, los siguientes parámetros

i) el caudal del agua de reposición para el sistema de agua de refrigeración;

ii) el caudal del producto de tratamiento que comprende el trazador fluorescente inerte y el polímero de tratamiento marcado;

35 iii) la frecuencia y la cantidad del caudal de purga del sistema de agua de refrigeración;

iv) el caudal global de agua a través de la torre de refrigeración;

v) el volumen global de agua en la torre de refrigeración; y

vi) la composición del agua de reposición;

con el consumo de dicho polímero fluorescente,

40 a condición de que:

α) el caudal mínimo del producto de tratamiento que comprende el trazador fluorescente inerte y el polímero de tratamiento marcado deben ser suficientes para suministrar al sistema de agua de refrigeración la cantidad requerida de producto de tratamiento marcado; y

β) cuando se pone en práctica el control, en relación con los caudales, los caudales están equilibrados.

45 Siempre son deseables nuevos métodos y técnicas para el control de sistemas de aguas de refrigeración.

Resumen de la invención

El primer aspecto de la presente invención reivindicada es un método de un solo depósito para controlar un sistema de agua de refrigeración que comprende los pasos de:

(1) Determinar la tasa de consumo de un polímero fluorescente en el agua de un sistema de agua de refrigeración, en el que la tasa de consumo se calcula a intervalos discretos, durante un periodo de tiempo de aprendizaje, usando una ecuación del Índice de suciedad, o una ecuación del Índice de incrustaciones o una ecuación del Índice de incrustaciones de la torre, que comprende los pasos de

- 5 a) proporcionar un sistema de agua de refrigeración;
- b) proporcionar un producto para el tratamiento del agua,
- (i) en el que dicho producto para el tratamiento del agua comprende al menos un polímero fluorescente, al menos un trazador fluorescente inerte y, opcionalmente, otros productos químicos para el tratamiento del agua,
- 10 (ii) en el que dicho polímero fluorescente está presente en dicho producto para el tratamiento del agua en una proporción conocida respecto a la totalidad de los otros ingredientes, en el producto para el tratamiento del agua,
- (iii) en el que dicho trazador fluorescente inerte está presente en dicho producto para el tratamiento del agua en una proporción conocida respecto a la totalidad de los otros ingredientes, en el producto para el tratamiento del agua,
- 15 (iv) en el que tanto dicho polímero fluorescente como dicho trazador fluorescente inerte tienen señales fluorescentes detectables, y dicho polímero fluorescente tiene una señal detectable que es distinta, si se compara con la señal fluorescente detectable de dicho trazador fluorescente inerte, de manera que las señales fluorescentes tanto del trazador fluorescente inerte como del polímero fluorescente se pueden detectar en el mismo sistema de agua de refrigeración;
- 20 c) añadir dicho producto para el tratamiento del agua, al agua de dicho sistema de agua de refrigeración,
- (i) en el que dicho producto para el tratamiento del agua se añade al agua de forma discontinua, y
- (ii) en el que pasan intervalos discretos de tiempo entre la adición de cada cantidad de producto para el tratamiento del agua;
- 25 d) proporcionar uno o más fluorómetros;
- e) usar dicho uno o más fluorómetros para medir la señal fluorescente de dicho trazador fluorescente inerte y la señal fluorescente de dicho polímero fluorescente en el agua del sistema de agua de refrigeración, en el que dichas medidas usadas en los cálculos del paso g) tienen lugar durante el intervalo de tiempo que transcurre entre cada nueva adición al agua de producto para el tratamiento del agua;
- 30 f) usar las señales fluorescentes medidas procedentes del paso e) para determinar la concentración de polímero fluorescente y la concentración de trazador fluorescente presente en el agua de dicha agua de refrigeración,
- g) repetir los pasos e) y f) a intervalos discretos con el fin de calcular la tasa de consumo de polímero fluorescente durante intervalos de un periodo de tiempo de aprendizaje, usando una ecuación seleccionada del grupo que comprende la ecuación del Índice de suciedad, la ecuación del Índice de incrustaciones, y la ecuación del Índice de incrustaciones de la torre, como sigue:
- 35

$$(i) \quad FIL = [A/(tlf - tI0)] \times [\ln \{LIT(f)/LIT(0)\} - \ln \{LTP(f)/LTP(0)\}];$$

40 donde FIL es el Índice de suciedad, calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

A es una constante = 1,

tlf = tiempo al final del intervalo,

tI0 = tiempo al comienzo del intervalo,

LIT(0) = concentración de trazador fluorescente inerte al comienzo del intervalo;

45 LIT(f) = concentración de trazador fluorescente inerte al final del intervalo;

LTP(0) = concentración de polímero fluorescente al comienzo del intervalo;

LTP(f) = concentración de polímero fluorescente al final del intervalo;

o

$$(ii) \quad SIL = \left[\frac{B \times LTP(0)}{\text{tiempo del intervalo}} \right] \times \left[\frac{LIT(t)}{LIT(0)} - \frac{LTP(t)}{LTP(0)} \right];$$

5 donde SIL es el Índice de incrustaciones, calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

B es una constante = 1.000.000 ó 100.000;

tiempo del intervalo es de tiempo, en minutos, del intervalo discreto de tiempo cuando se están tomando las medidas,

LTP(0) es la concentración de polímero fluorescente al comienzo del intervalo,

10 LIT(0) es la concentración de trazador fluorescente inerte al comienzo del intervalo,

LTP(t) es la concentración de polímero fluorescente al final del intervalo, y

LIT(t) es la concentración de trazador fluorescente inerte al final del intervalo;

o

$$(iii) \quad TSIL = - C \times SL(t) \times 60;$$

15 donde TSIL es el Índice de incrustaciones de la torre, calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

C es una constante = 1.000.000 ó 100.000;

SL(t) es la pendiente de la curva $\ln[LTP(t)/LIT(t)]$ frente al tiempo, en unidades de (1/segundo), donde la pendiente se calcula para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

20 (2) Calcular la tasa media de consumo de polímero fluorescente durante el periodo de tiempo de aprendizaje, sumando todos los FIL o todos los SIL, o todos los TSIL calculados en el paso 1, y dividiendo por el número de veces que los FIL o los SiL o los TSIL fueron calculados durante todo el periodo de tiempo de aprendizaje, en donde este cálculo conduce a un FILa que se calcula, o a un SiLa que se calcula, o a un TSILa que se calcula, en el que FILa es el Índice medio de suciedad durante el periodo de tiempo de aprendizaje, y SiLa es el Índice medio de incrustaciones durante el periodo de tiempo de aprendizaje, y TSILa es el Índice medio de incrustaciones de la torre durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

30 (3) Calcular la tasa de consumo de polímero fluorescente durante un periodo de tiempo de evaluación, en el que las medidas usadas en los cálculos tienen lugar durante los intervalos de tiempo que hay entre cada nueva adición del producto para el tratamiento del agua, al agua de dicho sistema de agua de tratamiento, en donde dichos cálculos se hacen usando una ecuación seleccionada del grupo que comprende la ecuación del Índice de suciedad para un periodo de tiempo de evaluación, la ecuación del Índice de incrustaciones para un periodo de tiempo de evaluación, y la ecuación del Índice de incrustaciones de la torre para un periodo de tiempo de evaluación, como sigue:

$$(i) \quad FIE = \left[\frac{A}{(tef - te0)} \right] \times \left[\ln \left\{ \frac{EIT(f)}{EIT(0)} \right\} - \ln \left\{ \frac{ETP(f)}{ETP(0)} \right\} \right];$$

35 donde FIE se refiere al Índice de suciedad, calculado durante el periodo de tiempo de evaluación,

A es una constante = 1, y se elige para que sea la misma durante el periodo de tiempo de aprendizaje y el periodo de tiempo de evaluación;

tef = tiempo al final del periodo de evaluación,

te0 = tiempo al comienzo del periodo de evaluación,

40 EIT(0) = concentración de trazador fluorescente inerte al comienzo del periodo de evaluación;

EIT(f) = concentración de trazador fluorescente inerte al final del periodo de evaluación;

ETP(0) = concentración de polímero fluorescente al comienzo del periodo de evaluación;

ETP(f) = concentración de polímero fluorescente al final del periodo de evaluación;

$$(ii) \quad SIE = [B \times ETP(0)]/\text{tiempo de evaluación} \times [EIT(t)/EIT(0) - ETP(t)/ETP(0)];$$

donde SIE es el Índice de incrustaciones durante el periodo de tiempo de evaluación,

5 B es una constante = 1.000.000 ó 100.000, y se elige para que sea la misma durante el periodo de tiempo de aprendizaje y el periodo de tiempo de evaluación;

el tiempo de evaluación es el tiempo, en minutos, de la evaluación,

ETP(0) es la concentración de polímero fluorescente al comienzo del tiempo de evaluación,

EIT(0) es la concentración de trazador fluorescente inerte al comienzo del tiempo de evaluación,

ETP(f) es la concentración de polímero fluorescente al final del tiempo de evaluación, y

10 EIT(t) es la concentración de polímero fluorescente al final del tiempo de evaluación;

$$(iii) \quad TSIE = - C \times SE(t) \times 60;$$

donde TSIE es el Índice de incrustaciones de la torre durante el periodo de evaluación,

C = constante = 1.000.000 ó 100.000, y se elige para que sea la misma durante el periodo de tiempo de aprendizaje y el periodo de tiempo de evaluación:

15 SE(t) es la pendiente de la curva $\ln[ETP(t)/EIT(t)]$ frente al tiempo en unidades de (1/segundo), donde la pendiente se calcula a lo largo de todo el periodo de tiempo de evaluación; y

(4) Comparar la tasa de consumo de polímero fluorescente durante un periodo de tiempo de evaluación con la tasa media de consumo de polímero fluorescente durante el tiempo de aprendizaje, previamente determinada en el paso (2), para el agua, en el sistema de agua de refrigeración de las formas siguientes;

20 (i) en la que si FIE = FILa, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si FIE > FILa, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si FIE < FILa, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante del periodo de aprendizaje;

25 (ii) en la que si SIE = SILa, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si SIE > SILa, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si SIE < SILa, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje;

30 (iii) en la que si TSIE = TSILa, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si TSIE > TSILa, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si TSIE < TSILa, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje;

35 (iv) calcular el Índice de incrustaciones de NVincent o el Índice de incrustaciones de la torre de NVincent, como sigue:

$$NSI = D \times [SIE - SIL]/SIL(SD),$$

$$NTSI = D \times [TSIE - TSIL]/TSIL(SD);$$

donde NSI es el Índice de incrustaciones de NVincent y NTSI es el índice de incrustaciones de la torre de NVincent,

40 donde D es una constante = 10;

TSIE y SIE, y TSIL y SIL, son como se definieron anteriormente, y

TSIL(SD) y SIL(SD) son las desviaciones estándar de los valores de TSIL y SIL, respectivamente, calculados durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

en la que si NSI o NTSI = 0, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si NSI o NTSI > 0, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si NSI o NTSI < 0, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; y opcionalmente,

(5) Ajustar los parámetros de operación de dicho sistema de agua de refrigeración para mantener la tasa de consumo de polímero fluorescente en la tasa deseada de consumo de polímero fluorescente, para el agua en el sistema de agua de refrigeración.

El segundo aspecto de la presente invención reivindicada es un método de dos depósitos para controlar un sistema de agua de refrigeración, que comprende los pasos de:

(1) determinar la tasa de consumo de un polímero fluorescente en el agua de un sistema de agua de refrigeración, en el que la tasa de consumo se calcula a intervalos discretos durante un periodo de tiempo de aprendizaje, usando una ecuación del Índice de suciedad, o una ecuación del Índice de incrustación o del Índice de incrustación de la torre, que comprende los pasos de

a) proporcionar un sistema de agua de refrigeración;

b) proporcionar un producto inhibidor de la corrosión,

(i) en el que dicho producto inhibidor de la corrosión comprende uno o más compuestos seleccionados del grupo de productos químicos inhibidores de la corrosión conocidos, y un trazador fluorescente inerte, conocido como iftcp,

(ii) en el que dicho iftcp, se ha añadido a dicho producto inhibidor de la corrosión en una proporción conocida,

c) proporcionar un producto para el control de las incrustaciones,

(i) en el que dicho producto para el control de las incrustaciones comprende al menos un polímero fluorescente y, opcionalmente, otros productos químicos para el control de las incrustaciones;

(ii) en el que dicho polímero fluorescente está presente en dicho producto para el control de las incrustaciones en una proporción conocida respecto a todos los otros ingredientes, en el producto para el control de las incrustaciones;

(iii) en el que tanto dicho polímero fluorescente como dicho iftcp tienen señales fluorescentes detectables, y dicho polímero fluorescente tiene una señal fluorescente detectable que es distinta, si se compara con la señal fluorescente detectable del iftcp, de manera que las señales fluorescentes del iftcp y del polímero fluorescente se pueden detectar ambas en el agua del mismo sistema de agua de refrigeración,

d) añadir dicho producto para el control de las incrustaciones y dicho producto inhibidor de la corrosión al agua de dicho sistema de agua de refrigeración;

(i) en el que dicho producto para el control de las incrustaciones se añade al agua de una manera discontinua, y

(ii) en el que dicho producto inhibidor de la corrosión se añade al agua de una manera discontinua, y

(iii) en el que los intervalos de tiempo pasan entre la adición de cada cantidad de producto para el control de las incrustaciones, y

(iv) en el que los intervalos de tiempo pasan entre la adición de cada cantidad de producto inhibidor de la corrosión;

e) proporcionar uno o más fluorómetros;

f) usar dicho uno o más fluorómetros para medir la señal fluorescente de dicho polímero fluorescente, y medir la señal fluorescente del iftcp en el agua procedente del sistema de agua de refrigeración, en el que dichas medidas usadas en los cálculos del paso h) tiene lugar durante el intervalo de tiempo que se produce cuando no se está añadiendo nuevo producto para el control de las incrustaciones al agua del sistema de agua industrial;

g) usar estas señales fluorescentes medidas, procedentes del paso f), para determinar la cantidad de polímero fluorescente y la cantidad de iftcip presente en el agua de dicho sistema de agua de refrigeración;

5 h) repetir los pasos f) y g) a intervalos discretos, con el fin de calcular la tasa de consumo de polímero fluorescente durante un periodo de tiempo de aprendizaje, usando una ecuación seleccionada del grupo que comprende la ecuación del Índice de suciedad, la ecuación del Índice de incrustaciones y la ecuación del Índice de incrustaciones de la torre, como sigue:

$$(i) \quad FIL = [A/(tlf - tI0)] \times [\ln \{LIT(f)/LIT(0)\} - \ln \{LTP(f)/LTP(0)\}];$$

donde FIL es el Índice de suciedad calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

10 A es una constante = 1,

tlf = tiempo al final del intervalo,

tI0 = tiempo al comienzo del intervalo,

LIT(0) = concentración de iftcip al comienzo del intervalo;

LIT(f) = concentración de iftcip al final del intervalo;

15 LTP(0) = concentración de polímero fluorescente al comienzo del intervalo;

LTP(f) = concentración de polímero fluorescente al final del intervalo; o

$$(ii) \quad SIL = \{[B \times LTP(0)]/\text{tiempo del intervalo}\} \times [LIT(t)/LIT(0) - LTP(t)/LTP(0)];$$

donde SIL es el Índice de incrustaciones calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

20 B es una constante = 1.000.000 ó 100.000,

el tiempo del intervalo es el tiempo, en minutos, del intervalo discreto de tiempo cuando se están tomando las medidas,

LTP(0) es la concentración de polímero fluorescente al comienzo del intervalo,

LIT(0) es la concentración de iftcip al comienzo del intervalo,

25 LTP(t) es la concentración de polímero fluorescente al final del intervalo y

LIT(t) es la concentración de iftcip al final del intervalo; o

$$(iii) \quad TSIL = - C \times SL(t) \times 60;$$

donde TSIL es el Índice de incrustaciones de la torre, calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

30 donde C es una constante = 1.000.000 ó 100.000,

SL(t) es la pendiente de la curva $\ln[LTP(t)/LIT(t)]$ frente al tiempo, en unidades de (1/segundo), donde la pendiente se calcula para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

35 (2) Calcular la tasa media de consumo de polímero fluorescente, durante el periodo de tiempo de aprendizaje, sumando todos los FIL, o todos los SIL, o todos los TSIL calculados en el paso 1, y dividiendo por el número de veces que se calcularon los FIL o SiL o TSIL a lo largo de todo el periodo de tiempo de aprendizaje, en el que este cálculo conduce a un FILa que se calcula, o a un SiLa que se calcula, o a un TSILa que se calcula, en el que FILa es el Índice medio de suciedad durante el periodo de tiempo de aprendizaje, y SiLa es el Índice medio de incrustaciones durante el periodo de tiempo de aprendizaje y TSILa es el Índice medio de incrustaciones de la torre durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

40 (3) Calcular la tasa de consumo de polímero fluorescente durante un periodo de tiempo de evaluación, en el que las medidas usadas en los cálculos tienen lugar durante los intervalos de tiempo que se producen entre cada nueva adición de producto para el tratamiento del agua de dicho sistema de agua de refrigeración, en el que di-

(iii) en la que si $TSIE = TSILa$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si $TSIE > TSILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si $TSIE < TSILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje;

(iv) calcular el Índice de incrustaciones de NVincent o el Índice de incrustaciones de la torre de NVincent, como sigue:

$$NSI = D \times [SIE - SIL]/SIL(SD),$$

$$NTSI = D \times [TSIE - TSIL]/TSIL(SD);$$

donde NSI es el Índice de incrustaciones de NVincent y NTSI es el índice de incrustaciones de la torre de NVincent,

donde D es una constante = 10;

TSIE y SIE, y TSIL y SIL, son como se definieron anteriormente, y

TSIL(SD) y SIL(SD) son las desviaciones estándar de los valores de TSIL y

SIL, respectivamente, calculados durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

en las que si NSI o NTSI = 0, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si NSI o NTSI > 0, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si NSI < 0, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; y opcionalmente,

(5) ajustar los parámetros de operación de dicho sistema de agua de refrigeración para mantener la tasa de consumo de polímero fluorescente en la tasa deseada de consumo de polímero fluorescente, para el agua en el sistema de agua de refrigeración.

Descripción detallada de las realizaciones de actualmente preferidas

A efectos de esta solicitud de patente, los siguientes términos tienen las definiciones indicadas:

“consumo” se refiere a la diferencia entre la cantidad de polímero fluorescente que se está añadiendo al agua del sistema de agua de refrigeración y la cantidad de polímero fluorescente presente en el agua del sistema de agua de refrigeración;

“HEDP” se refiere al ácido 1-hidroxietiliden-1,1-difosfónico;

“inerte” se refiere al hecho de que un trazador fluorescente inerte no se ve apreciablemente o significativamente afectado por cualquier otro producto químico en el sistema de agua de refrigeración, o por los otros parámetros del sistema, tales como la composición metalúrgica, la actividad microbiológica, la concentración de biocidas, los cambios de calor o el contenido global de calor. Para cuantificar qué se entiende por “no apreciablemente o significativamente afectado”, esta situación significa que un compuesto fluorescente inerte no tiene más de un 10% de cambio en su señal fluorescente, bajo condiciones normalmente encontradas en sistemas de agua de refrigeración. Las condiciones normalmente encontradas en los sistemas de agua de refrigeración son conocidas por los expertos normales en la técnica de los sistemas de agua de refrigeración. Método de “un depósito”: en el método de un depósito, el polímero fluorescente y el trazador fluorescente inerte están mezclados juntos, y con otros productos químicos opcionales para el control de las incrustaciones, y con otros productos químicos opcionales para el control de la corrosión, en un “producto para el tratamiento del agua”, producto para el tratamiento del agua que se añade al agua del sistema de agua de refrigeración.

“PBTC” se refiere al ácido 2-fosfonobutano-1,2,4-tricarboxílico;

“PCT” se refiere a una torre de refrigeración piloto (del inglés; Pilot Cooling Tower);

“producto para el control de las incrustaciones” se refiere a un producto químico que tiene el efecto de controlar la cantidad de incrustaciones que se depositan sobre las superficies del equipo usado en un sistema de agua de refrigeración,

Los “polímeros fluorescentes” se definen como un polímero que o bien es fluorescente por naturaleza o es un polímero que ha sido “marcado” con un resto fluorescente, en el que dicho polímero es capaz de funcionar como un inhibidor de las incrustaciones en un sistema de agua de refrigeración.

5 Método de “dos depósitos”. En el método de dos depósitos, de la presente invención reivindicada, el polímero fluorescente se añade al agua del sistema de agua de refrigeración como parte de un “producto para el control de las incrustaciones” que comprende el polímero fluorescente y otros productos químicos opcionales para el control de las incrustaciones. Por separado del producto para el control de las incrustaciones, se añade un producto inhibidor de la corrosión. El producto inhibidor de la corrosión comprende uno o más inhibidores de la corrosión y un trazador fluorescente inerte, de forma abreviada “iftcip” (del inglés; inert fluorescent tracer-corrosion inhibitor product). El producto para el control de las incrustaciones y el producto inhibidor de la corrosión se añaden, por separado, al agua del sistema de agua de refrigeración, de ahí el descriptor de “dos depósitos” para este método.

15 El primer aspecto de la presente invención reivindicada es un método de un depósito para controlar un sistema de agua de refrigeración determinando la tasa de consumo de un polímero fluorescente en el agua de un sistema de agua de refrigeración, en el que la tasa de consumo se calcula, a intervalos discretos, durante un periodo de aprendizaje, usando una ecuación del Índice de suciedad, o una ecuación del Índice de incrustaciones, o una ecuación del Índice de incrustaciones de la torre.

20 El método de la presente invención reivindicada trabajará en todos los sistemas de agua de refrigeración conocidos. Estos incluyen sistemas abiertos de agua de refrigeración recirculante, sistemas cerrados de agua de refrigeración y sistemas de agua de refrigeración de paso único.

El producto para el tratamiento del agua, usado en este aspecto, contiene al menos un polímero fluorescente, al menos un trazador fluorescente inerte y, opcionalmente, otros productos químicos para el tratamiento del agua, pero no contiene biocidas, los cuales se introducen por separado;

25 (i) en el que dicho polímero fluorescente está presente en dicho producto para el tratamiento del agua en una proporción conocida respecto a la totalidad de los otros ingredientes del producto para el tratamiento del agua,

(ii) en el que dicho trazador fluorescente inerte está presente en dicho producto para el tratamiento del agua en una proporción conocida respecto a la totalidad de los otros ingredientes del producto para el tratamiento del agua,

30 (iii) en el que ambos, el dicho polímero fluorescente y el dicho trazador fluorescente inerte, tienen señales fluorescentes detectables, y dicho polímero fluorescente tiene una señal fluorescente detectable que es distinta si se compara con la señal fluorescente detectable de dicho trazador fluorescente inerte, de forma que las señales fluorescentes de ambos, la del trazador fluorescente inerte y la del polímero fluorescente inerte, pueden ser ambas detectadas en el agua del mismo sistema de agua de refrigeración.

35 A efectos de esta solicitud de patente, los polímeros fluorescentes se definen o bien como un polímero fluorescente por naturaleza, o como un polímero que ha sido “marcado” con un resto fluorescente. Para ser útil en el método de la presente invención reivindicada, el polímero fluorescente debe ser capaz de funcionar como un inhibidor de las incrustaciones en un sistema de agua de refrigeración, y debe tener una señal fluorescente detectable que sea diferente de la señal fluorescente detectable del trazador, o trazadores, fluorescentes inertes que se están usando.

40 Los polímeros fluorescentes adecuados al uso en la presente invención reivindicada, se seleccionan del grupo descrito y reivindicado en las Patentes de EE.UU. números 5.128.419; 5.171.450; 5.216.086; 5.260.386 y 5.986.030; la Patente de EE.UU. N° 6.344.531, titulada “Fluorescent Water Soluble Polymers” (Polímeros fluorescentes solubles en agua); la Patente de EE.UU. N° 6.312.644, titulada “Fluorescent Monomers and Polymers Containing Same for Use in Cooling Water Systems” (Monómeros fluorescentes y polímeros que los contienen, para su uso en sistemas de agua de refrigeración); y la Patente de EE.UU. 6.645.428, titulada “Fluorescent Monomers and Fluorescent Polymers Containing Same for Use in Cooling Water Systems” (Monómeros fluorescentes y polímeros fluorescentes que los contienen, para su uso en sistemas de agua de refrigeración), donde todas las patentes descritas en este párrafo se incorporan aquí, en su totalidad, como referencia.

Los polímeros fluorescentes preferidos se seleccionan del grupo que comprende:

50 59,9% en moles de ácido acrílico/ 20% en moles de acrilamida/ 20% en moles de N-(sulfometil)acrilamida/ 0,1% en moles de la sal trisódica del ácido 8-(4-vinilbenciloxi)-1,3,6-pirenotrisulfónico;

39,9% en moles de ácido acrílico/ 30% en moles de acrilamida/ 30% en moles de N-(sulfometil)acrilamida/ 0,1% en moles de la sal trisódica del ácido 8-(3-vinilbenciloxi)-1,3,6-pirenotrisulfónico;

59,8% en moles de ácido acrílico/ 20% en moles de acrilamida/ 20% en moles de N-(sulfometil)acrilamida/ 0,2% en moles de la sal vinilbencilcloruro-cuaternaria de 4-metoxi-N-(3-N',N'-dimetilaminopropil)-naftalimida;

- 39,8% en moles de ácido acrílico/ 30% en moles de acrilamida/ 30% en moles de N-(sulfometil)acrilamida/ 0,2% en moles de la sal bencilvinilcloruro-cuaternaria de 4-metoxi-N-(3-N',N'-dimetilaminopropil)-naftalimida;
- 59,9% en moles de ácido acrílico/ 20% en moles de acrilamida/ 20% en moles de N-(sulfometil)acrilamida/ 0,1% en moles de la sal 2-hidroxi-3-aliloxi-propilo-cuaternaria de 4-metoxi-N-(3-N',N'-dimetilaminopropil)-naftalimida;
- 5 39,8% en moles de ácido acrílico/ 30% en moles de acrilamida/ 30% en moles de N-(sulfometil)acrilamida/ 0,2% en moles de la sal 2-hidroxi-3-aliloxi-propilo-cuaternaria de 4-metoxi-N-(3-N',N'-dimetilaminopropil)-naftalimida;
- 80,8% en moles de ácido acrílico/ 19% en moles de la sal sódica del ácido acrilamidometilpropano-sulfónico/ 0,2% en moles de la sal 2-hidroxi-3-aliloxi-propilo-cuaternaria de 4-metoxi-N-(3-N',N'-dimetilaminopropil)-naftalimida;
- 10 Estos productos de polímeros fluorescentes para el control de las incrustaciones se pueden, o bien conseguir comercialmente de Nalco, o es posible que sean sintetizados por los expertos normales en la técnica de la química orgánica.
- En la técnica de los productos químicos para el control de las incrustaciones se entiende que los productos químicos para el control de las incrustaciones están habitualmente divididos en dos tipos diferentes, basados en el tipo de incrustaciones que inhiban. Hay productos químicos para el control de las incrustaciones que controlan la deposición de fosfato de calcio y productos químicos para el control de las incrustaciones que controlan la deposición de carbonato de calcio.
- 15
- Habitualmente, los productos para el control de las incrustaciones, para el fosfato de calcio, son los polímeros fluorescentes anteriormente descritos. Los productos preferidos para el control de las incrustaciones son polímeros marcados. Se sabe que incluso aunque los polímeros fluorescentes anteriormente descritos son principalmente eficaces como inhibidores de las incrustaciones de fosfato de calcio, cuando las incrustaciones de carbonato de calcio están inadecuadamente inhibidas por los inhibidores de las incrustaciones de carbonato de calcio, como por ejemplo el HEDP y el PBTC, se observa consumo del polímero fluorescente, lo que indica una actividad, al menos parcial, como dispersante del carbonato de calcio en la parte del polímero fluorescente.
- 20
- Habitualmente, los productos para el control de las incrustaciones, para las incrustaciones de carbonato de calcio, se seleccionan del grupo que comprende fosfonatos tales como el ácido 1-hidroxietilidien-1,1-difosfónico (abreviadamente "HEDP"), ácido 2-fosfonobutano-1,2,4-tricarboxílico (abreviadamente "PBTC"), ácido amino-tri(metilenofosfónico (abreviadamente "AMP"), ácido hexametilendiamino-tetra(metileno-fosfónico) (abreviadamente "HMDTMP") y ácido poliamino-poliéter-metilenofosfónico (abreviadamente "PAOEMP"), polímeros orgánicos tales como poli(ácido acrílico), poli(acrilatos, poli(ácido maleico), termopolímero de anhídrido maleico/acrilato de etilo/acrilato de vinilo, y epoxi-carboxilato de alquilo (abreviadamente "AEC"), ácidos fosfinocarboxílicos, tales como , tales como oligómeros de fosfinosuccinato (abreviadamente "PSO"), y ácidos fosfonocarboxílicos, tales como el copolímero fosfonocarboxílico (sulfonado) (abreviadamente "POCA"), vendido como Belclene 494). Los inhibidores preferidos del carbonato de calcio incluyen HEDP y PBTC.
- 30
- Los trazadores fluorescentes inertes, adecuados para su uso en la presente invención reivindicada, o bien con el producto para el tratamiento del agua del primer aspecto de la presente invención reivindicada, o con el producto inhibidor de la corrosión del segundo aspecto de la presente invención reivindicada, incluyen los siguientes:
- 35
- sal tetrasódica del ácido 1,3,6,8-pirenotetrasulfónico, (Nº de Registro CAS 59572-10-0);
- antracenos monosulfonados y sus sales, que incluyen, pero que no se limitan a: sal sódica del ácido 2-antracenosulfónico (Nº de Registro CAS 16106-40-4);
- 40
- antracenos disulfonados y sus sales, véase la Solicitud de Patente de EE.UU, Nº de serie 10/631.606, presentada el 31 de julio de 2003, titulada "Use of Disulfonated Anthracenes as Inert Fluorescent Tracers" (Uso de antracenos disulfonados como trazadores fluorescentes inertes), ahora en trámite, que se incorpora como referencia en su totalidad, que incluye, pero que no se limita a:
- 45
- ácido 1,5-antracenosulfónico (Nº de Registro CAS 61736-91-2),
- ácido 2,6-antracenosulfónico (Nº de Registro CAS 61736-95-6),
- ácido 1,8-antracenosulfónico (Nº de Registro CAS 61736-92-3);
- ácido 4-dibenzofuransulfónico (Nº de Registro CAS 42137-76-8),
- ácido 3-dibenzofuransulfónico (Nº de Registro CAS 215189-98-3),
- 50
- sal disódica (hidratada) del ácido 1,5-naftalenodisulfónico (Nº de Registro CAS 1655-29-4), también conocido como 1,5-NDSA hidratado, abrillantadores fluorescentes de estilbena-triazol sulfonados y sus sales, que incluyen, pero que no se limitan a:

sal dipotásica del ácido 2,2'-(1,2-etenodiol)bis[5-(4-fenil-2H-1,2,3-triazol-2-il)-bencenosulfónico, (Nº de Registro CAS 52237-03-3), también conocido como Phorwite BHC 766,

sal disódica del ácido 4,4'-bis(4-fenil-2H-1,2,3-triazol-2-il)-2,2'-estilbenodisulfónico, (Nº de Registro CAS 23743-28-4), también conocido como Phorwite BHC.

- 5 La totalidad de estos trazadores fluorescentes inertes o se pueden conseguir comercialmente de Nalco o pueden ser sintetizados usando técnicas conocidas por los expertos normales en la técnica de la química orgánica.

Al formular el producto para el tratamiento del agua, el polímero fluorescente está presente en el producto para el tratamiento del agua en una proporción conocida respecto a la totalidad de los otros ingredientes del producto para el tratamiento del agua, y el trazador fluorescente inerte está presente en el producto para el tratamiento del agua en una proporción conocida respecto a la totalidad de los otros ingredientes del producto para el tratamiento del agua.

Al formular el producto para el tratamiento del agua, usado en el primer aspecto de la presente invención reivindicada, se entiende que no hay biocidas presentes en el producto para el tratamiento del agua. Si se añaden biocidas al agua de refrigeración, se añaden por separado.

15 Al seleccionar el polímero fluorescente y el trazador fluorescente inerte que se van a usar juntos, es necesario seleccionarlos de forma que el polímero fluorescente tenga una señal fluorescente detectable que esté separada de la señal fluorescente detectable del trazador fluorescente inerte. Los expertos normales en la técnica de la fluorimetría saben cómo usar un fluorómetro para detectar la señal fluorescente de un material, de manera que pueden realizar los ensayos necesarios para determinar qué trazador fluorescente se deberá combinar con qué polímero fluorescente.

20 Este es el método de "un solo depósito" de la presente invención reivindicada. En el método de un solo depósito, el polímero fluorescente y el trazador fluorescente inerte se mezclan juntos en un producto para el tratamiento del agua, el cual puede contener productos químicos adicionales para el tratamiento del agua, tales como inhibidores de la corrosión o microbicidas.

25 El siguiente paso en este método es añadir, al sistema de agua de refrigeración, el producto para el tratamiento del agua que comprende el polímero fluorescente y el trazador fluorescente inerte y, opcionalmente, otros productos químicos para el tratamiento del agua. Esto se puede hacer usando un equipo y técnicas conocidos por un experto normal en la técnica.

30 La cantidad de polímero fluorescente añadido al agua de un sistema de agua de refrigeración, sobre una base de "polímero activo", es de aproximadamente 0,1 ppm a aproximadamente 1000 ppm, preferiblemente de aproximadamente 0,1 ppm a aproximadamente 100 ppm, y muy preferiblemente de aproximadamente 0,1 ppm a aproximadamente 20 ppm.

La cantidad de trazador fluorescente inerte añadido al agua de un sistema de agua de refrigeración es de aproximadamente 0,01 ppm a aproximadamente 1000 ppm, preferiblemente de aproximadamente 0,03 ppm a aproximadamente 10 ppm, y muy preferiblemente de aproximadamente 0,05 ppm a aproximadamente 1,0 ppm.

35 La cantidad global de producto para el tratamiento del agua añadida está basada en la "necesidad" de este producto en el agua del sistema de agua de refrigeración. Un experto normal en la técnica del agua de refrigeración sabe cómo determinar la necesidad de este producto para el tratamiento del agua, en el agua del sistema de agua de refrigeración.

40 El siguiente paso en el método es proporcionar uno o más fluorómetros. Los fluorómetros adecuados para usar en la detección de la señal fluorescente del polímero fluorescente se pueden conseguir comercialmente, y se seleccionan del grupo consistente en el fluorómetro descrito y reivindicado en la Patente de EE.UU. Nº 6.369.894, titulada "Modular Fluorometer and Method of Using Same to Detect One or More Fluorophores" (Fluorómetro modular y método para usarlo para detectar uno o más fluoróforos), presentada el 9 de abril de 2002, que se incorpora aquí como referencia en su totalidad. Este fluorómetro modular se puede conseguir de Nalco.

45 Otros fluorómetros adecuados para usar en el método de presente invención reivindicada son el fluorómetro TRASAR 8000 ("portátil"); el fluorómetro TRASAR 700 ("fijo"); el TRASAR 3000 modificado; el TRASAR Xe-2 Controller; que se pueden conseguir de Nalco; y la sonda fluorométrica en línea, conocida como el fluorómetro Cyclops 7 (será necesario elegir filtros ópticos para ajustarse al trazador usado) que se puede conseguir de Turner Designs, 845 Maude Ave., Sunnyvale, CA 94085 ((408) 749-0994). El fluorómetro preferido es el fluorómetro modular. Para hacer uso de estos fluorómetros será necesario elegir la excitación y los filtros ópticos de emisión para ajustarse a las propiedades de la señal fluorescente del polímero fluorescente.

50 Los fluorómetros adecuados para usar en la detección de la señal fluorescente del trazador fluorescente inerte se pueden conseguir comercialmente, y se seleccionan del grupo consistente en el fluorómetro descrito y reivindicado en la Patente de EE.UU. Nº 6.369.894, titulada "Modular Fluorometer and Method of Using Same to Detect One or

More Fluorophores”, presentada el 9 de abril de 2002, que se incorpora aquí como referencia en su totalidad. Este fluorómetro modular se puede conseguir de Nalco.

Otros fluorómetros adecuados para usar para detectar el trazador fluorescente inerte en el método de presente invención reivindicada son el fluorómetro TRASAR 8000 (“portátil”); el fluorómetro TRASAR 700 (“fijo”); el TRASAR 3000 (para el ácido pirenotetrasulfónico); el TRASAR 3000 modificado (para el trazador de la sal disódica del ácido antracenodisulfónico); el TRASAR Xe-2 Controller; y el Interchangeable Tip-Open Cell Fluorometer (fluorómetro celular de punta abierta intercambiable), que se describe y se reivindica en la Solicitud de patente de EE.UU. N° 10/769.631, presentada el 30 de enero de 2004, y que se incorpora como referencia en su totalidad. Todos estos fluorómetros se pueden conseguir de Nalco. Fluorómetros adicionales incluyen la sonda fluorométrica en línea, conocida como el fluorómetro Cyclops 7 (será necesario elegir filtros ópticos para ajustarse al trazador usado) que se puede conseguir de Turner Designs, 845 Maude Ave., Sunnyvale, CA 94085 ((408) 749-0994). El fluorómetro preferido es el fluorómetro modular.

Para hacer uso de estos fluorómetros, los expertos normales en la técnica de la fluorometría saben que será necesario elegir la excitación y los filtros ópticos de emisión para ajustarse a las propiedades de la señal fluorescente del trazador fluorescente inerte y del polímero fluorescente.

El Trasar® Xe-Controller, Trasar 3000 y fluorómetro modular tienen todas celdas de flujo que permiten el control continuo de un líquido acoplado al sistema sobre la marcha. Los otros fluorómetros son fluorómetros con “muestras recogidas al azar” que no permiten el control continuo sobre la marcha. Al llevar a cabo el método de la presente invención reivindicada, se prefiere usar un fluorómetro que permita el control continuo, sobre la marcha, de las señales fluorescentes.

Se disponen luego el fluorómetro, o los fluorómetros, adecuados y se usan para medir la señal fluorescente del trazador fluorescente inerte, y la señal fluorescente del polímero fluorescente, en el agua procedente del sistema de agua de refrigeración.

Es crítico para la capacidad de trabajo del método de la presente invención reivindicada que las medidas que se usan son solamente aquellas medidas hechas entre los intervalos de tiempo de la adición del nuevo producto para el tratamiento del agua, al agua del sistema de agua de refrigeración. Por lo tanto, durante todo el primer aspecto del método de la presente invención reivindicada, se supone que todas las medidas que se usan en los cálculos tuvieron lugar durante un intervalo de tiempo en el que no se está añadiendo al agua del sistema de agua de refrigeración, producto para el tratamiento del agua. También, esto significa que durante todo el segundo aspecto del método de la presente invención reivindicada, se supone que todas las medidas que se usan en los cálculos tuvieron lugar durante un intervalo de tiempo en el que no se está añadiendo producto inhibitor de la corrosión, y en el que no se está añadiendo al agua del sistema de agua de refrigeración, producto para el control de las incrustaciones.

Después de medir las señales fluorescentes, las señales fluorescentes medidas se usan para calcular la cantidad de polímero fluorescente y la cantidad de trazador fluorescente inerte presentes en el agua de dicho sistema de agua de refrigeración.

Después de conocer estas cantidades, es posible comenzar los cálculos de la tasa de consumo de polímero fluorescente. Este cálculo de la tasa de consumo del producto para el control de las incrustaciones se hace durante dos periodos de tiempo diferentes. El primer periodo de tiempo se conoce como el “periodo de tiempo de aprendizaje” y las medidas tomadas durante intervalos dentro de este periodo de tiempo se usan para calcular la tasa de consumo “normal” o “de rutina” de polímero fluorescente.

En las siguientes ecuaciones, se usan las variables “t_{lf} = tiempo al final del intervalo durante el periodo de aprendizaje” y “t_{l0} = tiempo al comienzo del intervalo durante el periodo de aprendizaje”. Por eso, el intervalo durante el propio periodo de tiempo de aprendizaje es t_{lf} - t_{l0}. La cantidad de tiempo en el intervalo es la cantidad de tiempo entre adiciones de más productos químicos para el tratamiento del agua porque, para que este método sea operable, no se pueden usar medidas que se tomen cuando se están añadiendo productos químicos para el tratamiento del agua.

La cantidad total de tiempo en el periodo de tiempo de aprendizaje está basada en las condiciones de operación del sistema de agua de refrigeración entendidas como “normales”. La duración de la cantidad total de tiempo en el periodo de tiempo de aprendizaje y cuántos intervalos, y donde se toman las medidas requeridas dentro del periodo de tiempo de aprendizaje, es una decisión que puede ser tomada por un experto normal en la técnica de la operación de un sistema de agua de refrigeración.

El siguiente paso en el método de la presente invención reivindicada es calcular la tasa de consumo de polímero fluorescente durante intervalos de periodo de tiempo de aprendizaje usando una ecuación seleccionada del grupo que comprende la ecuación del Índice de suciedad, la ecuación del Índice de incrustaciones y la ecuación del Índice de incrustaciones de la torre, como sigue:

$$(i) \quad FIL = [A/(t_{lf} - t_{l0})] \times [\ln \{LIT(f)/LIT(0)\} - \ln \{LTP(f)/LTP(0)\}];$$

donde FIL es el Índice de suciedad, calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

A es una constante = 1,

tlf = tiempo al final del intervalo,

5 tlo = tiempo al comienzo del intervalo,

LIT(0) = concentración de trazador fluorescente inerte al comienzo del intervalo;

LIT(f) = concentración de trazador fluorescente inerte al final del intervalo;

LTP(0) = concentración de polímero fluorescente al comienzo del intervalo;

LTP(f) = concentración de polímero fluorescente al final del intervalo;

10 o

$$(ii) \quad SIL = \left[\frac{B \times LTP(0)}{\text{tiempo del intervalo}} \right] \times \left[\frac{LIT(t)}{LIT(0)} - \frac{LTP(t)}{LTP(0)} \right];$$

donde SIL es el Índice de incrustaciones, calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

B es una constante = 1.000.000 ó 100.000;

15 tiempo del intervalo es de tiempo, en minutos, del intervalo discreto de tiempo cuando se están tomando las medidas,

LTP(0) es la concentración de polímero fluorescente al comienzo del intervalo,

LIT(0) es la concentración de trazador fluorescente inerte al comienzo del intervalo,

LTP(t) es la concentración de polímero fluorescente al final del intervalo, y

20 LIT(t) es la concentración de trazador fluorescente inerte al final del intervalo;

o

$$(iii) \quad TSIL = - C \times SL(t) \times 60;$$

donde TSIL es el Índice de incrustaciones de la torre, calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

25 C es una constante = 1.000.000 ó 100.000;

SL(t) es la pendiente de la curva $\ln[LTP(t)/LIT(t)]$ frente al tiempo, en unidades de (1/segundo), donde la pendiente se calcula para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje.

30 El siguiente paso en el método del primer aspecto de la presente invención reivindicada es calcular la tasa media de consumo de polímero fluorescente durante el periodo de tiempo de aprendizaje, sumando todos los FIL, o todos los SIL, o todos los TSIL anteriormente calculados, y dividiendo por el número de veces que se calcularon los FIL, o los SIL, o los TSIL, durante todo el periodo de tiempo de aprendizaje, en el que este cálculo conduce a un FILa que se calcula, o a un SILa que se calcula, o a un TSILa que se calcula, en el que FILa es el Índice medio de suciedad durante el periodo de tiempo de aprendizaje, y SILa es el Índice medio de incrustaciones durante el periodo de tiempo de aprendizaje, y TSILa es el Índice medio de incrustaciones de la torre durante el periodo de tiempo de aprendizaje.

35 Esta tasa media de consumo durante el periodo de tiempo de aprendizaje es comparada luego con la tasa de consumo durante un periodo de tiempo de "evaluación". Se entiende que las medidas usadas en los cálculos, en este paso, tienen lugar durante intervalos de tiempo que se producen entre cada nueva adición del producto para el tratamiento del agua, al agua de dicho sistema de agua de refrigeración.

40 En las siguientes ecuaciones, se usan las variables "tef = tiempo al final del periodo de evaluación" y "te0 = tiempo al comienzo del periodo de evaluación". Por eso, el propio periodo de tiempo de evaluación es tef – te0. La cantidad de tiempo en el periodo de tiempo de evaluación se basa en las condiciones de operación deseadas del sistema de agua de refrigeración. Es una decisión que puede ser tomada por un experto normal en la técnica de la operación de un sistema de agua de refrigeración.

Los cálculos de la tasa de consumo de polímero fluorescente durante un periodo de tiempo de evaluación se hacen usando una ecuación seleccionada del grupo que comprende la ecuación del Índice de suciedad para un periodo de tiempo de evaluación, la ecuación del Índice de incrustaciones para un periodo de tiempo de evaluación, y la ecuación del Índice de incrustaciones de la torre para un periodo de tiempo de evaluación, como sigue:

5 (i)
$$FIE = [A/(te_f - te_0)] \times [\ln \{EIT(f)/EIT(0)\} - \ln \{ETP(f)/ETP(0)\}];$$

donde FIE se refiere al Índice de suciedad calculado durante el periodo de tiempo de evaluación;

A es una constante = 1, y se elige para que sea la misma durante el periodo de tiempo de aprendizaje y el periodo de tiempo de evaluación;

te_f = tiempo al final del periodo de evaluación,

10 te₀ = tiempo al comienzo del periodo de evaluación,

EIT(0) = concentración del trazador fluorescente inerte al comienzo del periodo de evaluación;

EIT(f) = concentración del trazador fluorescente inerte al final del periodo de evaluación;

ETP(0) = concentración de polímero fluorescente al comienzo del periodo de evaluación;

ETP(f) = concentración de polímero fluorescente al final del periodo de evaluación;

15 (ii)
$$SIE = [B \times ETP(0)]/\text{tiempo de evaluación} \times [EIT(t)/EIT(0) - ETP(t)/ETP(0)];$$

donde SIE es el Índice de incrustaciones para el periodo de tiempo de evaluación,

B es una constante = 1.000.000 ó 100.000, y se elige para que sea la misma durante el periodo de tiempo de aprendizaje y el periodo de tiempo de evaluación;

el tiempo de evaluación es el tiempo, en minutos, de la evaluación;

20 ETP(0) es la concentración de polímero fluorescente al comienzo del tiempo de evaluación;

EIT(0) es la concentración del trazador fluorescente inerte al comienzo del tiempo de evaluación;

ETP(t) es la concentración de polímero fluorescente al final del tiempo de evaluación, y

EIP(t) es la concentración del trazador fluorescente inerte al final del tiempo de evaluación;

(iii)
$$TSIE = - C \times SE(t) \times 60;$$

25 donde TSIE es el Índice de incrustaciones de la torre durante el periodo de evaluación,

C es una constante = 1.000.000 ó 100.000, y se elige para que sea la misma durante el periodo de tiempo de aprendizaje y el periodo de tiempo de evaluación;

SE(t) es la pendiente de la curva $\ln[ETP(t)/EIT(t)]$ frente al tiempo, en unidades de (1/segundo), donde la pendiente se calcula a lo largo de todo el periodo de tiempo de evaluación.

30 Después de que se haya hecho el cálculo durante el periodo de tiempo de evaluación, el siguiente paso es comparar la tasa media de consumo de polímero fluorescente durante el periodo de tiempo de aprendizaje con la tasa de consumo de polímero fluorescente durante el periodo de tiempo de evaluación. La comparación se hace como sigue:

35 Cuando se usa la ecuación del índice de suciedad, si $FIE = FILa$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si $FIE > FILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si $FIE < FILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje.

40 Cuando se usa la ecuación del índice de incrustaciones, si $SIE = SILa$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si $SIE > SILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si $SIE < SILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje.

5 Cuando se usa la ecuación del índice de incrustaciones, si $TSIE = TSILa$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si $TSIE > TSILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si $TSIE < TSILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje.

Se puede hacer otro tipo de comparación calculando lo que se conoce como Índice de incrustaciones de NVincent o el Índice de incrustaciones de la torre de NVincent, como sigue:

$$NSI = D \times [SIE - SIL]/SIL(SD),$$

$$NTSI = D \times [TSIE - TSIL]/TSIL(SD);$$

donde NSI es el Índice de incrustaciones de NVincent y NTSI es el índice de incrustaciones de la torre de NVincent,

10 donde D es una constante = 10;

TSIE y SIE, y TSIL y SIL, son como se definieron anteriormente, y

TSIL(SD) y SIL(SD) son las desviaciones estándar de los valores de TSIL y SIL, respectivamente, calculados durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

15 en las que si NSI o NTSI = 0, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si NSI o NTSI > 0, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si NSI < 0, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje.

20 Si la tasa de consumo de polímero fluorescente es más alto o más bajo durante el periodo de tiempo de evaluación que la que es durante el periodo de tiempo de aprendizaje, entonces un paso opcional en el método de la presente invención reivindicada es que el operador del sistema de agua de refrigeración pueda ajustar la operación del sistema de agua de refrigeración para ajustar la tasa de consumo de polímero fluorescente al valor que era durante el periodo de aprendizaje.

25 El segundo aspecto de la presente invención reivindicada es un método de dos depósitos para controlar un sistema de agua de refrigeración donde se proporciona un producto inhibidor de la corrosión, y el trazador fluorescente inerte se mezcla con el producto inhibidor de la corrosión, en una proporción conocida, antes de que el producto inhibidor de la corrosión se añada al agua del sistema de agua de refrigeración. En el método de los "dos depósitos" de la presente invención reivindicada, el polímero fluorescente se añade al agua del sistema de agua de refrigeración por separado del trazador fluorescente inerte, que se añade simultáneamente con el producto inhibidor de la corrosión, de ahí el identificador de "dos depósitos" para esta técnica.

30 El producto inhibidor de la corrosión es uno, o más, compuestos seleccionados del grupo de productos químicos inhibidores de la corrosión. Los productos inhibidores de la corrosión para usar en la presente invención reivindicada incluyen los siguientes, ortofosfato, polifosfatos, pirofosfato, cinc, oligómeros de fosfinosuccinato como "PSO", molibdato, cromato, Belcor 575, que se puede conseguir de Biolab Water Additives, P.O. Box 30002, Lawrenceville, GA 30049, (678) 502-4699, y Bricorr 288 que se puede conseguir de Rhodia, 259 Prospect Plains Rd CN 7500, Cranbury, NJ 08512 (609) 860-3926. El producto inhibidor de la corrosión preferido es el PSO, que se puede conseguir de Nalco.

35 En la formulación del producto inhibidor de la corrosión, usado en el segundo aspecto de la presente invención reivindicada, se entiende que no hay biocidas presentes en el producto para el tratamiento del agua. Si se añaden biocidas al agua de refrigeración, se añaden por separado.

Estos productos inhibidores de la corrosión o se pueden conseguir comercialmente, o pueden ser sintetizados por un experto normal en la técnica de la química orgánica.

40 El producto para el control de las incrustaciones comprende un polímero fluorescente como el anteriormente definido y, opcionalmente, productos químicos para el control de las incrustaciones. En la formulación del producto para el control de las incrustaciones usado en el segundo aspecto de la presente invención reivindicada, se entiende que no hay biocidas presentes en el producto para el tratamiento del agua. Si se añaden biocidas al agua de refrigeración, se añaden por separado.

45 El producto para el control de las incrustaciones y el producto inhibidor de la corrosión se añaden al agua de dicho sistema de agua de refrigeración. La cantidad de producto para el control de las incrustaciones y la cantidad de producto inhibidor de la corrosión están basadas en la "necesidad" de ambos productos en el agua del sistema de

50

agua de refrigeración, y un experto normal en la técnica sabe cómo determinar la necesidad de producto inhibidor de la corrosión y el producto para el control de las incrustaciones en el agua del sistema de agua de refrigeración.

Después de la adición de los dos productos el método transcurre como se describió anteriormente, en el primer aspecto de la invención reivindicada.

- 5 El uso de un método para determinar la tasa de consumo es un método valioso para controlar un sistema de agua de refrigeración porque es independiente de la concentración inicial de cualquiera de las dos especies fluorescentes, se puede usar cuando el trazador fluorescente inerte y el polímero fluorescente están en productos separados, el método de los “dos depósitos”, y se minimiza el impacto de la señal, o señales, fluorescentes de fondo.

REIVINDICACIONES

1. Un método de un solo depósito para controlar un sistema de agua de refrigeración, que comprende los pasos de

5 (1) Determinar la tasa de consumo de un polímero fluorescente en el agua de un sistema de agua de refrigeración, en el que la tasa de consumo se calcula a intervalos discretos durante un periodo de tiempo de aprendizaje, usando una ecuación del Índice de suciedad, o una ecuación del Índice de incrustaciones o una ecuación del Índice de incrustaciones de la torre, que comprende los pasos de

a) proporcionar un sistema de agua de refrigeración;

b) proporcionar un producto para el tratamiento del agua,

10 (i) en el que dicho producto para el tratamiento del agua comprende al menos un polímero fluorescente, al menos un trazador fluorescente inerte y, opcionalmente, otros productos químicos para el tratamiento del agua,

15 (ii) en el que dicho polímero fluorescente está presente en dicho producto para el tratamiento del agua en una proporción conocida respecto a la totalidad de los otros ingredientes en el producto para el tratamiento del agua,

(iii) en el que dicho trazador fluorescente inerte está presente en dicho producto para el tratamiento del agua en una proporción conocida respecto a la totalidad de los otros ingredientes en el producto para el tratamiento del agua,

20 (iv) en el que tanto dicho polímero fluorescente, como dicho trazador fluorescente inerte, tienen señales fluorescentes detectables, y dicho polímero fluorescente tiene una señal detectable que es distinta, si se compara con la señal fluorescente detectable de dicho trazador fluorescente inerte, de forma que las señales fluorescentes, tanto del trazador fluorescente inerte como del polímero fluorescente, se pueden detectar en el mismo sistema de agua de refrigeración;

c) añadir dicho producto para el tratamiento del agua, al agua de dicho sistema de agua de refrigeración,

25 (i) en el que dicho producto para el tratamiento del agua se añade al agua de forma discontinua, y

(ii) en el que pasan intervalos discretos de tiempo entre la adición de cada cantidad de producto para el tratamiento del agua;

d) proporcionar uno o más fluorómetros;

30 e) usar dicho uno o más fluorómetros para medir la señal fluorescente de dicho trazador fluorescente inerte y la señal fluorescente de dicho polímero fluorescente en el agua del sistema de agua de refrigeración, en el que dichas medidas usadas en los cálculos del paso g) tienen lugar durante el intervalo de tiempo que tiene lugar entre cada nueva adición al agua de producto para el tratamiento del agua;

35 f) usar las señales fluorescentes medidas, procedentes del paso e), para determinar la concentración de polímero fluorescente y la concentración de trazador fluorescente presente en el agua de dicha agua de refrigeración,

g) repetir los pasos e) y f) a intervalos discretos, con el fin de calcular la tasa de consumo de polímero fluorescente durante intervalos de un periodo de tiempo de aprendizaje, usando una ecuación seleccionada del grupo que comprende la ecuación del Índice de suciedad, la ecuación del Índice de incrustaciones, y la ecuación del Índice de incrustaciones de la torre, como sigue:

40 (i)
$$FIL = [A/(tlf - tl0)] \times [\ln \{LIT(f)/LIT(0)\} - \ln \{LTP(f)/LTP(0)\}];$$

donde FIL es el Índice de suciedad calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

A es una constante = 1,

tlf = tiempo al final del intervalo,

45 tl0 = tiempo al comienzo del intervalo,

LIT(0) = concentración de trazador fluorescente inerte al comienzo del intervalo;

LIT(f) = concentración de trazador fluorescente inerte al final del intervalo;

LTP(0) = concentración de polímero fluorescente al comienzo del intervalo;

LTP(f) = concentración de polímero fluorescente al final del intervalo;

o

$$(ii) \quad SIL = \{B \times LTP(0)\} / \text{tiempo del intervalo} \times [LIT(t)/LIT(0) - LTP(t)/LTP(0)];$$

5 donde SIL es el Índice de incrustaciones calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

B es una constante = 1.000.000 ó 100.000;

tiempo del intervalo es de tiempo, en minutos, del intervalo discreto de tiempo cuando se están tomando las medidas,

10 LTP(0) es la concentración de polímero fluorescente al comienzo del intervalo,

LIT(0) es la concentración de trazador fluorescente inerte al comienzo del intervalo,

LTP(t) es la concentración de polímero fluorescente al final del intervalo, y

LIT(t) es la concentración de trazador fluorescente inerte al final del intervalo;

o

$$(iii) \quad TSIL = - C \times SL(t) \times 60;$$

15 donde TSIL es el Índice de incrustaciones de la torre, calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

C es una constante = 1.000.000 ó 100.000;

20 SL(t) es la pendiente de la curva $\ln[LTP(t)/LIT(t)]$ frente al tiempo, en unidades de (1/segundo), donde la pendiente se calcula para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

(2) Calcular la tasa media de consumo de polímero fluorescente durante el periodo de tiempo de aprendizaje, sumando todos los FIL o todos los SIL, o todos los TSIL calculados en el paso 1, y dividiendo por el número de veces que los FIL o los SIL o los TSIL fueron calculados durante todo el periodo de tiempo de aprendizaje, en el que este cálculo conduce a un FILa que se calcula, o a un SILa que se calcula, o a un TSILa que se calcula, en el que FILa es el Índice medio de suciedad durante el periodo de tiempo de aprendizaje, y SILa es el Índice medio de incrustaciones durante el periodo de tiempo de aprendizaje, y TSILa es el Índice medio de incrustaciones de la torre durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

(3) Calcular la tasa de consumo de polímero fluorescente durante un periodo de tiempo de evaluación, en el que las medidas usadas en los cálculos tienen lugar durante los intervalos de tiempo que hay entre cada nueva adición del producto para el tratamiento del agua, al agua de dicho sistema de agua de tratamiento, en donde dichos cálculos se hacen usando una ecuación seleccionada del grupo que comprende la ecuación del Índice de suciedad para un periodo de tiempo de evaluación, la ecuación del Índice de incrustaciones para un periodo de tiempo de evaluación, y la ecuación del Índice de incrustaciones de la torre para un periodo de tiempo de evaluación, como sigue:

$$(i) \quad FIE = [A/(tef - te0)] \times [\ln \{EIT(f)/EIT(0)\} - \ln \{ETP(f)/ETP(0)\}];$$

35 donde FIE se refiere al Índice de suciedad, calculado durante el periodo de tiempo de evaluación,

A es una constante = 1,

tef = tiempo al final del periodo de evaluación,

te0 = tiempo al comienzo del periodo de evaluación,

40 EIT(0) = concentración de trazador fluorescente inerte al comienzo del periodo de evaluación;

EIT(f) = concentración de trazador fluorescente inerte al final del periodo de evaluación;

ETP(0) = concentración de polímero fluorescente al comienzo del periodo de evaluación;

ETP(f) = concentración de polímero fluorescente al final del periodo de evaluación;

$$(ii) \quad SIE = [B \times ETP(0)]/\text{tiempo de evaluación} \times [EIT(t)/EIT(0) - ETP(t)/ETP(0)];$$

donde SIE es el Índice de incrustaciones durante el periodo de tiempo de evaluación,

B es una constante = 1.000.000 ó 100.000, y se elige para que sea la misma durante el periodo de tiempo de aprendizaje y el periodo de tiempo de evaluación;

el tiempo de evaluación es el tiempo, en minutos, de la evaluación,

ETP(0) es la concentración de polímero fluorescente al comienzo del tiempo de evaluación,

EIT(0) es la concentración de trazador fluorescente inerte al comienzo del tiempo de evaluación,

ETP(f) es la concentración de polímero fluorescente al final del tiempo de evaluación,

y

EIT(t) es la concentración de polímero fluorescente al final del tiempo de evaluación;

$$(iii) \quad TSIE = - C \times SE(t) \times 60;$$

donde TSIE es el Índice de incrustaciones de la torre durante el periodo de evaluación,

C = constante = 1.000.000 ó 100.000, y se elige para que sea la misma durante el periodo de tiempo de aprendizaje y el periodo de tiempo de evaluación;

SE(t) es la pendiente de la curva $\ln[ETP(t)/EIT(t)]$ frente al tiempo en unidades de (1/segundo), donde la pendiente se calcula a lo largo de todo el periodo de tiempo de evaluación;

y

(4) Comparar la tasa de consumo de polímero fluorescente durante un periodo de tiempo de evaluación con la tasa media de consumo de polímero fluorescente durante el tiempo de aprendizaje previamente determinada en el paso (2), para el agua, en el sistema de agua de refrigeración de las formas siguientes;

(i) en la que si $FIE = FILa$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si $FIE > FILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si $FIE < FILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante del periodo de aprendizaje;

(ii) en la que si $SIE = SILa$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si $SIE > SILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si $SIE < SILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje;

(iii) en la que si $TSIE = TSILa$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si $TSIE > TSILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si $TSIE < TSILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje;

(iv) calcular el Índice de incrustaciones de NVincent o el Índice de incrustaciones de la torre de NVincent, como sigue:

$$NSI = D \times [SIE - SIL]/SIL(SD),$$

$$NTSI = D \times [TSIE - TSIL]/TSIL(SD);$$

donde NSI es el Índice de incrustaciones de NVincent y NTSI es el índice de incrustaciones de la torre de NVincent,

donde D es una constante = 10;

TSIE y SIE, y TSIL y SIL, son como se definieron anteriormente, y

TSIL(SD) y SIL(SD) son las desviaciones estándar de los valores de TSIL y SIL, respectivamente, calculados durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

5 en la que si NSI o $NTSI = 0$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si NSI o $NTSI > 0$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si NSI o $NTSI < 0$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje;

10 y opcionalmente,

(5) Ajustar los parámetros de operación de dicho sistema de agua de refrigeración con el fin de mantener la tasa de consumo de polímero fluorescente a la tasa deseada de consumo de polímero fluorescente, para el agua en el sistema de agua de refrigeración.

15 2. Un método de dos depósitos para controlar un sistema de agua de refrigeración, que comprende los pasos de:

(1) determinar la tasa de consumo de un polímero fluorescente en el agua de un sistema de agua de refrigeración, en el que la tasa de consumo se calcula a intervalos discretos durante un periodo de tiempo de aprendizaje, usando una ecuación del Índice de suciedad, o una ecuación del Índice de incrustación o del Índice de incrustación de la torre, que comprende los pasos de

20 a) proporcionar un sistema de agua de refrigeración;

b) proporcionar un producto inhibidor de la corrosión,

(i) en el que dicho producto inhibidor de la corrosión comprende uno o más compuestos seleccionados del grupo de productos químicos inhibidores de la corrosión conocidos, y un trazador fluorescente inerte, conocido como iftcp,

25 (ii) en el que dicho iftcp, se ha añadido a dicho producto inhibidor de la corrosión en una proporción conocida,

c) proporcionar un producto para el control de las incrustaciones,

(i) en el que dicho producto para el control de las incrustaciones comprende al menos un polímero fluorescente y, opcionalmente, otros productos químicos para el control de las incrustaciones;

30 (ii) en el que dicho polímero fluorescente está presente en dicho producto para el control de las incrustaciones en una proporción conocida respecto a todos los otros ingredientes en el producto para el control de las incrustaciones;

35 (iii) en el que tanto dicho polímero fluorescente como dicho iftcp tienen señales fluorescentes detectables, y dicho polímero fluorescente tiene unan señal fluorescente detectable que es distinta, si se compara con la señal fluorescente detectable del iftcp, de manera que las señales fluorescentes del iftcp y la del polímero fluorescente se pueden detectar ambas en el agua del mismo sistema de agua de refrigeración,

d) añadir dicho producto para el control de las incrustaciones y dicho producto inhibidor de la corrosión al agua de dicho sistema de agua de refrigeración;

40 (v) en el que dicho producto para el control de las incrustaciones se añade al agua de una manera discontinua, y

(vi) en el que dicho producto inhibidor de la corrosión se añade al agua de una manera discontinua, y

(vii) en el que los intervalos de tiempo pasan entre la adición de cada cantidad de producto para el control de las incrustaciones, y

45 (viii) en el que los intervalos de tiempo pasan entre la adición de cada cantidad de producto inhibidor de la corrosión;

e) proporcionar uno o más fluorómetros;

f) usar dicho uno o más fluorómetros para medir la señal fluorescente de dicho polímero fluorescente, y medir la señal fluorescente del iftcip en el agua procedente del sistema de agua de refrigeración, en el que dichas medidas usadas en los cálculos del paso h) tiene lugar durante el intervalo de tiempo que se produce cuando no se está añadiendo nuevo producto para el control de las incrustaciones al agua del sistema de agua industrial;

g) usar estas señales fluorescentes medidas, procedentes del paso f), para determinar la cantidad de polímero fluorescente y la cantidad de iftcip presente en el agua de dicho sistema de agua de refrigeración;

h) repetir los pasos f) y g) a intervalos discretos, con el fin de calcular la tasa de consumo de polímero fluorescente durante un periodo de tiempo de aprendizaje, usando una ecuación seleccionada del grupo que comprende la ecuación del Índice de suciedad, la ecuación del Índice de incrustaciones y la ecuación del Índice de incrustaciones de la torre, como sigue:

$$(i) \quad FIL = [A/(t_{if} - t_{i0})] \times [\ln \{LIT(f)/LIT(0)\} - \ln \{LTP(f)/LTP(0)\}];$$

donde FIL es el Índice de suciedad calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

A es una constante = 1,

t_{if} = tiempo al final del intervalo,

t_{i0} = tiempo al comienzo del intervalo,

LIT(0) = concentración de iftcip al comienzo del intervalo;

LIT(f) = concentración de iftcip al final del intervalo;

LTP(0) = concentración de polímero fluorescente al comienzo del intervalo;

LTP(f) = concentración de polímero fluorescente al final del intervalo; o

$$(ii) \quad SIL = [B \times LTP(0)] / \text{tiempo del intervalo} \times [LIT(t)/LIT(0) - LTP(t)/LTP(0)];$$

donde SIL es el Índice de incrustaciones, calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

B es una constante = 1.000.000 ó 100.000, el tiempo del intervalo es el tiempo, en minutos, del intervalo discreto de tiempo cuando se están tomando las medidas,

LTP(0) es la concentración de polímero fluorescente al comienzo del intervalo,

LIT(0) es la concentración de iftcip al comienzo del intervalo,

LTP(t) es la concentración de polímero fluorescente al final del intervalo y

LIT(t) es la concentración de iftcip al final del intervalo;

o

$$(iii) \quad TSIL = - C \times SL(t) \times 60;$$

donde TSIL es el Índice de incrustaciones de la torre, calculado para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje,

donde C es una constante = 1.000.000 ó 100.000,

SL(t) es la pendiente de la curva $\ln[LTP(t)/LIT(t)]$ frente al tiempo, en unidades de (1/segundo), donde la pendiente se calcula para un intervalo de tiempo durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

(2) Calcular la tasa media de consumo de polímero fluorescente durante el periodo de tiempo de aprendizaje, sumando todos los FIL, o todos los SIL, o todos los TSIL calculados en el paso 1, y dividiendo por el número de veces que se calcularon los FIL o SiL o TSIL a lo largo de todo el periodo de tiempo de aprendizaje, en el que este cálculo conduce a un FILa que se calcula, o a un SiLa que se calcula, o a un TSILa que se calcula, en el que FILa es el Índice medio de suciedad durante el periodo de tiempo de aprendizaje, y SiLa es el Índice medio

de incrustaciones durante el periodo de tiempo de aprendizaje y TSILa es el Índice medio de incrustaciones de la torre durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

5 (3) Calcular la tasa de consumo de polímero fluorescente durante un periodo de tiempo de evaluación, en el que las medidas usadas en los cálculos tienen lugar durante los intervalos de tiempo que se producen entre cada nueva adición de producto para el tratamiento del agua de dicho sistema de agua de refrigeración, en el que dichos cálculos se hacen usando una ecuación seleccionada del grupo que comprende la ecuación del Índice de suciedad para un periodo de tiempo de evaluación, la ecuación del Índice de incrustaciones para un periodo de tiempo de evaluación, y la ecuación del Índice de incrustaciones de la torre para un periodo de tiempo de evaluación, como sigue:

10 (i)
$$FIE = [A/(tef - te0)] \times [\ln \{EIT(f)/EIT(0)\} - \ln \{ETP(f)/ETP(0)\}];$$

donde FIE se refiere al Índice de suciedad calculado durante el periodo de tiempo de evaluación;

A es una constante = 1,

tef = tiempo al final del periodo de evaluación,

te0 = tiempo al comienzo del periodo de evaluación,

15 EIT(0) = concentración de iftcp al comienzo del periodo de evaluación;

EIT(f) = concentración de iftcp al final del periodo de evaluación;

ETP(0) = concentración de polímero fluorescente al comienzo del periodo de evaluación;

ETP(f) = concentración de polímero fluorescente al final del periodo de evaluación;

(ii)
$$SIE = [B \times ETP(0)] / \text{tiempo de evaluación} \times [EIT(t)/EIT(0) - ETP(t)/ETP(0)];$$

20 donde SIE es el Índice de incrustaciones para el periodo de tiempo de evaluación,

B es una constante = 1.000.000 ó 100.000, y se elige para que sea la misma durante el periodo de tiempo de aprendizaje y el periodo de tiempo de evaluación;

el tiempo de evaluación es el tiempo, en minutos, de la evaluación;

ETP(0) es la concentración de polímero fluorescente al comienzo del tiempo de evaluación;

25 EIT(0) es la concentración de iftcp al comienzo del tiempo de evaluación;

ETP(t) es la concentración de polímero fluorescente al final del tiempo de evaluación, y

EIT(t) es la concentración de iftcp al final del tiempo de evaluación;

(iii)
$$TSIE = - C \times SE(t) \times 60;$$

donde TSIE es el Índice de incrustaciones de la torre durante el periodo de evaluación,

30 C es una constante = 1.000.000 ó 100.000, y se elige para que sea la misma durante el periodo de tiempo de aprendizaje y el periodo de tiempo de evaluación;

SE(t) es la pendiente de la curva $\ln[ETP(t)/EIT(t)]$ frente al tiempo, en unidades de (1/segundo), donde la pendiente se calcula a lo largo de todo el periodo de tiempo de evaluación;

35 (4) Comparar la tasa de consumo de polímero fluorescente durante un periodo de tiempo de evaluación con la tasa media de consumo de polímero fluorescente durante el tiempo de aprendizaje, previamente determinada en el paso (2) para el agua, en el sistema de agua de refrigeración de las formas siguientes:

40 (i) en la que si $FIE = FILa$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si $FIE > FILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si $FIE < FILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante del periodo de aprendizaje;

(ii) en la que si $SIE = SILa$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si $SIE > SILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si $SIE < SILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje;

5

(iii) en la que si $TSIE = TSILa$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que la que era durante el periodo de aprendizaje; si $TSIE > TSILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si $TSIE < TSILa$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje;

10

(iv) calcular el Índice de incrustaciones de NVincent o el Índice de incrustaciones de la torre de NVincent, como sigue:

$$NSI = D \times [SIE - SIL]/SIL(SD),$$

$$NTSI = D \times [TSIE - TSIL]/TSIL(SD);$$

donde NSI es el Índice de incrustaciones de NVincent y NTSI es el índice de incrustaciones de la torre de NVincent,

15

donde D es una constante = 10;

TSIE y SIE, y TSIL y SIL, son como se definieron anteriormente, y

TSIL(SD) y SIL(SD) son las desviaciones estándar de los valores de TSIL y SIL, respectivamente, calculados durante el periodo de tiempo de aprendizaje;

20

en las que si NSI o $NTSI = 0$, entonces la tasa de consumo de polímero fluorescente es la misma durante el periodo de evaluación que lo era durante el periodo de aprendizaje; si NSI o $NTSI > 0$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es superior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje; si $NSI < 0$, la tasa de consumo de polímero fluorescente es inferior durante el periodo de evaluación a la que era durante el periodo de aprendizaje;

25

y opcionalmente,

(5) ajustar los parámetros de operación de dicho sistema de agua de refrigeración para mantener la tasa de consumo de polímero fluorescente a la tasa deseada de consumo de polímero fluorescente, para el agua en el sistema de agua de refrigeración.