



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 394**

51 Int. Cl.:

**C02F 1/00** (2006.01)

**C02F 1/68** (2006.01)

**C02F 5/08** (2006.01)

**F02C 7/16** (2006.01)

**G05D 21/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07120995 .1**

96 Fecha de presentación : **28.08.1997**

97 Número de publicación de la solicitud: **1980535**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.10.2008**

54 Título: **Sistema de control en base a rendimiento.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**26.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**26.04.2011**

73 Titular/es: **ASHLAND LICENSING AND  
INTELLECTUAL PROPERTY L.L.C.  
5200 Blazer Parkway  
Dublin, Ohio 43017, US**

72 Inventor/es: **Hays, George y  
Haaland, John**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 357 394 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).

## DESCRIPCION

## Sistema de control en base a rendimiento

La invención se refiere a sistemas, incluyendo método y aparato, para controlar el tratamiento químico y la calidad de agua en sistemas de enfriamiento midiendo la corrosión y la contaminación para ajustar los parámetros de control del tratamiento en los sistemas de enfriamiento.

El propósito de un sistema de enfriamiento es retirar el calor de un proceso y descargar dicho calor al entorno a través de la evaporación y descarga de líquido. Un ejemplo de tales sistemas son sistemas de agua de enfriamiento usados para retirar el calor de un condensador de turbinas. Retirar el calor hace que el vapor se condense, lo que da como resultado una reducción en la presión del lado del vapor condensado del condensador y un aumento de la cantidad de potencia generada por unidad de combustible usado para producir el vapor. De forma similar, otro ejemplo de un sistema de este tipo es una máquina de refrigeración. Una máquina de este tipo puede utilizar un refrigerante, tal como R-11, R-12 o R-134A, para extraer el calor de un medio enfriado, tal como agua, introducirlo en un ciclo y transferir el calor a un sistema de enfriamiento.

Otro ejemplo de un sistema de enfriamiento es uno en el que el calor de un proceso de una serie de procesos se puede transferir al medio de enfriamiento a través de un intercambiador de calor del proceso, tal como un interenfriador o un compresor de gas. La eficacia de operación de un compresor de gas de múltiples etapas, tal como un compresor de oxígeno o de nitrógeno, se puede vincular directamente a la temperatura y presión de la corriente de gas que entra en cada etapa del compresor. A mayor temperatura y presión por encima de las condiciones de diseño, mayor potencia se requerirá para comprimir la misma cantidad de gas.

De acuerdo con un ejemplo de un sistema de enfriamiento, el medio de enfriamiento incluye un líquido, tal como agua. Un sistema de enfriamiento de este tipo puede comprender (1) al menos un intercambiador de calor para retirar el calor de uno o más procesos; (2) al menos una bomba para hacer circular el medio de enfriamiento a través del al menos un intercambiador de calor; (3) medios para enfriar el medio de enfriamiento, tal como una torre de enfriamiento; (4) medios para añadir nuevos medios de enfriamiento al sistema, tales medios se refieren típicamente como aporte; y (5) medios para descargar una cantidad determinada del medio de enfriamiento desde el sistema, tal descarga se refiere como purga.

El efecto de enfriamiento de acuerdo con un sistema de este tipo se puede conseguir evaporando una fracción del medio de enfriamiento en una corriente de aire a medida que el medio de enfriamiento se hace pasar sobre la torre de enfriamiento. Durante el proceso de retirar el calor del medio de enfriamiento, el aire insaturado puede entrar en la torre de enfriamiento. El aire instaurado puede recoger el fluido evaporado y salir de la torre de enfriamiento a una temperatura mayor y en un estado saturado con respecto al medio de enfriamiento.

De acuerdo con otro ejemplo de un sistema de enfriamiento, se puede obtener un medio de enfriamiento, tal como agua, a partir de un gran depósito del medio que proporcionará un suministro adecuado del medio de enfriamiento a una temperatura lo suficientemente baja para absorber el calor de un proceso o procesos por medio de al menos un intercambiador de calor. En un ejemplo de este tipo, el sistema de enfriamiento puede incluir (1) una fuente para el medio de enfriamiento; (2) medios para hacer circular el medio de enfriamiento, tal como al menos una bomba de circulación; (3) al menos un intercambiador de calor y (5) un lugar para descargar el medio de enfriamiento calentado, tal como el mismo cuerpo del medio de enfriamiento como la fuente.

Los sistemas de enfriamiento que utilizan medios de enfriamiento líquidos se pueden someter a la deposición de materiales y procesos contaminantes, tales como, sales de dureza, productos de corrosión, biomasa, sedimento y lodo del medio de enfriamiento, diversas fugas de procesos y corrosión in situ. Estos materiales y procesos contaminantes se pueden introducir en los sistemas de enfriamiento a partir de una diversidad de fuentes.

Se pueden añadir ciertos materiales de tratamiento al medio de enfriamiento o al sistema de enfriamiento para inhibir, entre otras cosas la deposición de dureza, la corrosión, la formación de biomasas y la aglomeración de otros contaminantes tales como sedimento, lodo, productos de corrosión y fugas de proceso. Tales materiales de tratamiento pueden incluir uno o más componentes químicos que, en combinación, inhiben eficazmente uno o más de los problemas mencionados anteriormente. Por ejemplo, un material de tratamiento diseñado para inhibir la corrosión puede incluir al menos un inhibidor catódico, al menos un inhibidor anódico y/o al menos un material adicional, tal como antiincrustantes, tensioactivos y agentes antiespumantes. Otros materiales de tratamiento que se puede añadir al sistema/medio pueden incluir un ácido, tal como ácido sulfúrico o un álcali, tal como una solución de soda cáustica. Estos materiales adicionales se pueden controlar el pH del medio de enfriamiento dentro de un intervalo de control predeterminado. Cuando se controla el pH, el ácido se usaría para disminuir el pH y el álcali para aumentarlo.

Típicamente, la cantidad de material o materiales de tratamiento añadidos al sistema/medio se pueden determinar mediante ensayos de laboratorios manuales, análisis de muestras de corrosión, el volumen del medio de enfriamiento en el sistema y la cantidad del medio de enfriamiento suministrado al sistema en un periodo de tiempo dado. En tales casos, se pueden usar medios, tales como una bomba de inyección química, para inyectar un flujo de un material de tratamiento dentro del sistema a una velocidad constante a lo largo del tiempo.

Cuando se añade material o materiales para ajustar el pH, se puede utilizar un sistema de inyección química de bucle cerrado. Por ejemplo, el pH del sistema se puede controlar mediante un dispositivo de control de pH que controla una bomba o válvula para aumentar o disminuir la alimentación del agente o agentes de ajuste de pH.

Los materiales de tratamiento usados para inhibir los efectos perjudiciales de las fugas de procesos se controlan típicamente de forma manual, bien sea en una base continua o tras la detección de la ocurrencia de una fuga de este tipo. Detectar, ubicar y cuantificar una fuga de proceso es una tarea que consume tiempo que se puede realizar mediante un operario de planta o un profesional del tratamiento.

Otro aspecto importante del tratamiento y control de un sistema de enfriamiento y la calidad del medio de enfriamiento se refiere a mantener la concentración de los materiales disueltos y suspendidos en el medio por debajo del nivel en el que se pueden precipitar o aglomerar. Esto se consigue típicamente ajustando la cantidad del medio de enfriamiento concentrado retirado del sistema por medio de purga. Típicamente, esto se ha realizado mediante el ajuste manual de una válvula de purga, en base al análisis del laboratorio del medio de enfriamiento circulante. Más recientemente, la purga se ha automatizado controlando la conductividad específica del medio de enfriamiento y ajustando una válvula de purga para mantener un intervalo especificado de conductividad.

Típicamente, un sistema de enfriamiento incluye un medio de enfriamiento, tal como agua. Las características o propiedades del medio de enfriamiento pueden afectar al sistema de enfriamiento y su operación. Los parámetros del medio de enfriamiento tales como el pH, conductividad, velocidades de corrosión, temperaturas (tales como el suministro de enfriamiento, el retorno de calor, la entrada y la salida del intercambiador de calor, entre otras), la velocidad de recirculación del medio de enfriamiento, la velocidad de aporte del medio de enfriamiento y la velocidad de purga del medio de enfriamiento se han controlado durante mucho tiempo para controlar las características del medio de enfriamiento. La purga puede servir para desconcentrar los sólidos disueltos en el medio de enfriamiento y el aporte reemplaza todas las pérdidas del medio de enfriamiento, incluyendo aquellas de la evaporación, la resistencia aerodinámica, sedimentación y purga. Históricamente, el control automatizado de los sistemas de enfriamiento se ha basado, por ejemplo, en mediciones en línea de la conductividad y del pH. Las mediciones de estos factores se pueden complementar con ensayos químicos húmedos de laboratorio para el nivel de inhibidor residual y otros parámetros relevantes para la aplicación específica. En algunos casos, particularmente cuando se usa la filtración de corriente lateral, se ha añadido el control de turbidez.

El uso de la tecnología de resistencia de polarización lineal para medición en línea de las velocidades de corrosión se ha descrito anteriormente en las patentes de Estados Unidos N° 3.069.322, 3.156.631, 3.250.689, 3.607.673 y 3.698.065, cuyas descripciones se incorporan en este documento por referencia en sus totalidades. En la patente de Estados Unidos N° 4.339.945, de Knudsen y en la 4.346.587, de Knudsen *et al.*, cuyas ambas descripciones se incorporan en este documento en sus totalidades por referencia, se ha descrito una metodología en la que un dispositivo en el que la medición de contaminación sumada al pH, conductividad y corrosión se describe y se aplica para determinar la eficacia de un régimen de tratamiento durante la inhibición de la corrosión y contaminación en sistemas de fluidos, tales como agua de enfriamiento. Puesto que la corrosión puede disminuir la vida útil económica del equipo en el sistema de enfriamiento y la contaminación puede reducir la eficacia del rechazo de calor de los procesos de plantas al medio de enfriamiento, es bastante importante mantenerlos bajo control.

El control tradicional de sistemas de enfriamiento de reciclaje incluyen típicamente el uso de un controlador de un solo bucle para controlar el pH bien sea con un ácido, tal como ácido sulfúrico, o con una base, tal como una solución de soda cáustica. Se puede incluir un controlador de un solo bucle para controlar el nivel de sólidos disueltos en el medio de enfriamiento. Tales sólidos disueltos se pueden medir mediante conductividad específica y se pueden aumentar o disminuir por medio del ajuste de una válvula de purga o de desangramiento. Aumentar la velocidad del desangramiento puede hacer que los sólidos disueltos en el medio de enfriamiento disminuyan. Algún tipo de control de alimentación para los químicos de tratamiento se puede utilizar también para controlar las características de los sistemas de enfriamiento. La fecha del calendario y la hora combinadas con una función temporizadora por intervalos se utilizan normalmente para controlar los sistemas y, en particular, para añadir diversos tipos de microbicidas.

El control del pH y de la conductividad utiliza típicamente la tecnología de control de retroalimentación. El control de retroalimentación puede proporcionar bien sea salidas análogas o

digitales en el equipo de operación tales como bombas y válvulas. Las salidas análogas pueden ir a través de controladores Derivativos Integrales Proporcionales (PID) para un control más preciso. El caudal del medio de aporte, el caudal del medio de enfriamiento añadido al sistema compensa la pérdida del medio por evaporación y otras pérdidas, tales como resistencia aerodinámica y purga, es típicamente el parámetro de control básico para la alimentación de los químicos de tratamiento tales como inhibidores y dispersantes. En un sistema de enfriamiento y en particular, en un sistema de enfriamiento acuoso, el medio de aporte puede ser agua suministrada de al menos una fuente, tal como agua municipal potable, agua de pozo, agua de proceso reciclada, agua tratada y condensada externamente. Otro método usado normalmente, pero menos preciso, es usar el caudal del medio de purga, lo que requiere un supuesto que otras pérdidas líquidas pueden bien fijarse o proporcionalmente purgarse (véase por ejemplo, el documento US 3139071). Un tercer medio se denomina "drenaje y alimentación", que proporciona la adición de materiales de tratamiento al momento en que se acciona para encender/apagar, por ejemplo, un solenoide, válvula de sangrado o de purga (véase, por ejemplo, el documento JP 7012497 o el documento US 3592212).

El documento US3592212 describe el control de la dosificación de inhibidores de corrosión en una torre de enfriamiento. Los inhibidores se dosifican continuamente mediante una bomba de inhibidor y los inhibidores se "añaden proporcionalmente para mantener una concentración de inhibidor deseado" (col.2,l.46-48). El documento US3592212 describe además la medición de la velocidad de corrosión. La velocidad de corrosión medida se usa para controlar una bomba de re-pretratamiento separada para añadir una cierta cantidad de inhibidor, si la velocidad de corrosión es demasiado alta.

La tecnología de Resistencia por Polarización Lineal (LPR) se ha usado durante casi tres décadas para controlar la velocidad de corrosión en línea. Esta tecnología se comercializa como un monitor "CORRATER" por Rohrback Cosasco Systems, Inc. Las señales análogas proporcionadas por el monitor CORRATER son proporcionales a la velocidad de corrosión "instantánea" o al desequilibrio de corrosión "instantáneo". De hecho, los monitores CORRATER determinan la LPR durante un periodo de tiempo que puede ser tan pequeño como aproximadamente 2 minutos y tan grande como aproximadamente 20 minutos. Por tanto, "instantáneo" es un término relativo cuando se compara con técnicas fuera de línea, que pueden requerir de aproximadamente 30 a aproximadamente 90 días de exposición de muestra.

El Factor de contaminación (FF) es una unidad de medida técnica reconocida. El FF resulta de la deposición de contaminantes sobre una superficie de transferencia térmica. El analizador P-U-L-S-E, disponible por Ashland Chemical, Drew Industrial Division, proporciona la capacidad para determinar el FF. El monitor ONGUARD CFM-1000, también disponible por Ashland Chemical, Drew Industrial Division, determina un Índice de Contaminación (FI). La investigación ha demostrado que el FI y el FF tienen tendencias idénticas, aunque siguen siendo numéricamente diferentes y se computan de diferentes maneras.

Los métodos conocidos para controlar las características de los sistemas de enfriamiento y los parámetros de control de los sistemas pueden ser de tres tipos. El primer tipo incluye aquellas que se han usado tradicionalmente para el control de retroalimentación automatizado de ciertos parámetros, tales como el pH para el control de suministro de ácido o soda cáustica y la conductividad para el control del desangramiento o purga.

El segundo tipo son aquellos que detectan el residuo de un componente específico en la química del tratamiento cuando tal se puede medir de forma adecuada en una corriente de este tipo del medio de enfriamiento. Existen dos enfoques conocidos para este tipo de control. El primer enfoque incluye detectar un solo componente activo, mientras que el segundo tipo de detección incluye detectar un material inerte que actúa como un trazador.

Los monitores de fosfato son ejemplos de primer enfoque de detección puesto que detectan sólo una sola especie del ión de fósforo, ortofosfato en el sistema de agua en enfriamiento. De hecho, la química de tratamiento puede incluir muchos materiales diferentes que contienen fósforo junto con diversos polímeros, azoles aromáticos y otros constituyentes.

En presencia de calcio, magnesio, iones ferrosos y férricos, los ortofosfatos tienen solubilidad limitada. La solubilidad limitada es una función compleja de pH, temperatura y concentración iónica. En algunos sistemas, la solubilidad de tales materiales bajo las temperaturas y presiones de operación se pueden cerrar a los límites de control deseados dificultando diferenciar entre una alimentación en exceso y las condiciones que puedan conllevar la deposición, y en última instancia a la corrosión de la parte inferior del depósito.

El uso de un compuesto trazador inerte que, a diferencia de los materiales activos, se puede detectar en la corriente del medio de enfriamiento tiene sus propios inconvenientes debido a que sólo le dice al usuario cuanto material trazador existe en el sistema. Puede ser incapaz de determinar la eficacia del tratamiento. Por ejemplo, los materiales de tratamiento, tales como constituyentes activos en una composición de inhibición de corrosión, se consumen típicamente por reacción o reacciones en el proceso

de inhibición de corrosión, o cualquier proceso en el que se dirijan para inhibir. El material de tratamiento restante es aquella porción de la reacción o reacciones que no se consumen y/o la porción o porciones residuales que se requieren para mantener la reacción o reacciones implicadas impulsándolas a que se completen. El material o materiales inertes, por otro lado, pasan a través del sistema sin reaccionar sustancialmente con nada. La descripción anterior se puede aplicar a cualquier material de tratamiento.

Otras técnicas de control incluyen el control fuera de línea tal como análisis químico o microbiológico completo de agua de circulación y el análisis de muestras de corrosión.

La presente invención supera los problemas de la técnica anterior, proporcionando un sistema de control en base a rendimiento que integra la detección de rendimiento clave, incluyendo la contaminación y corrosión, en un sistema de control. Como tal, es verdaderamente único y una mejora significativa de la técnica anterior.

En vista de lo anterior, un objeto de la presente invención es ajustar el tratamiento químico del medio de enfriamiento para controlar la corrosión y la contaminación a niveles económicamente aceptables para mantener el rechazo de calor eficaz y proteger la vida útil económica del equipo del sistema de enfriamiento.

Una ventaja de la presente invención es que se basa en la medición directa de los efectos de contaminación y corrosión, por ejemplo, de tratamiento y de control, a medida que se opone a los monitores y controles que miden y controlan en base a trazadores u otras especies químicas que pueden formar un componente de un material de tratamiento de múltiples componentes.

Otra ventaja de la presente invención es que la invención reemplaza las tecnologías de control de un solo bucle tradicionales con control integrado, utilizando múltiples mediciones de entrada y lógicas para controlar salidas individuales además que añade control de cascada para integrar la contaminación y la corrosión.

De acuerdo con esto y otros objetos y ventajas, los aspectos preferidos de la presente invención proporcionan métodos y aparatos para detectar y controlar las características del sistema de enfriamiento como se ha definido en las reivindicaciones 1, 2, 3, 13, 14 y 15.

Otros objetos y ventajas adicionales de la presente invención serán fácilmente aparentes para aquellos expertos en esta materia a partir de la siguiente descripción detallada, en la que se muestran y se describen sólo las realizaciones preferidas de la invención, simplemente a modo de ejemplo del mejor modo contemplado para realizar la invención. Como se observará, la invención es capaz de otras y diferentes realizaciones, y sus diversos detalles son aptos para ser modificados en diversos aspectos obvios, sin alejarse del alcance de la invención. Por consiguiente, los dibujos y la descripción tienen que entenderse como ilustrativos en naturaleza y no como restrictivos.

La Figura 1 es una representación esquemática de una realización de un sistema de enfriamiento que incluye una realización de un sistema de control de acuerdo con la presente invención integrada en la misma.

La presente invención puede utilizar tecnologías tradicionales y parámetros conocidos anteriormente para controlar un sistema de enfriamiento. Sin embargo, además o en lugar de estas tecnologías tradicionales y parámetros conocidos, la presente invención utiliza tanto las velocidades de corrosión de resistencia por polarización lineal (LPR) como el Índice de Contaminación (FI) en los esquemas de control. Además, la presente invención se basa en una tecnología de equilibrio de material básico que mantiene una concentración predeterminada de la química de tratamiento en el medio de enfriamiento de recirculación. La presente invención puede ser útil también para controlar microbicidas de oxidación en un medio del sistema de enfriamiento.

Para controlar las condiciones en un sistema de enfriamiento, la presente invención puede incluir medios para controlar las variables dependientes del tiempo de la contaminación y de la corrosión en un método para ajustar los parámetros de control del tratamiento. Entendiéndose lo anterior, algunas de las mediciones en las que se basa el control pueden ser instantáneas. Los parámetros pueden incluir, pero no se limitan a, pH, conductividad, ciclos de concentración, potencial oxidación-reducción (ORP) y turbidez para optimizar la eficacia del rechazo de calor y minimizar el deterioro de los materiales de construcción que resulta de la corrosión y de la contaminación. En un sistema de control basado en la contaminación y en la corrosión, la presente invención expande la tecnología conocida desarrollando una metodología de control de proceso basado en cascada que utiliza las mediciones de contaminación y de corrosión para ajustar los parámetros de operación para minimizar los efectos perjudiciales de ambos y para asegurar la optimización del rendimiento del sistema de enfriamiento. Además, la sensibilidad de esta metodología es una mejora significativa sobre todas las demás tecnologías disponibles.

De acuerdo con la presente invención, cambios en los parámetros de un sistema de enfriamiento se pueden monitorear y controlar monitoreando el factor de corrosión y de contaminación. Los materiales

que se añaden al sistema de enfriamiento para ajustar los parámetros se pueden controlar después ajustando una velocidad de alimentación de los materiales. De acuerdo con la presente invención, se ha descubierto que la velocidad de corrosión y el Índice de Contaminación se pueden usar como medios para modificar las velocidades de alimentación de químicos y otros parámetros controlados, tales como la velocidad de purga, que, a su vez, altera los ciclos de concentración. Por consiguiente, la presente invención se basa en un control de cascada. Por lo tanto, de forma similar para controlar la presión del medio de enfriamiento para controlar la temperatura del medio de enfriamiento, la presente invención utiliza la corrosión y la contaminación para controlar otros parámetros.

Un algoritmo de equilibrio de material básico no cubierto por las reivindicaciones toma la siguiente fórmula (en comparación con el documento US 3918469, col. 3, l. 55):

$$X = \frac{\text{(caudal del medio de enfriamiento de aporte)}(\text{conductividad del medio de enfriamiento de aporte})(\Omega)}{\text{(K)}(\text{conductividad del medio de enfriamiento de recirculación})}$$

en la que:

X= velocidad de alimentación de un material de tratamiento;

$\Omega$  = concentración deseada en el medio de enfriamiento de circulación; y

K representa una constante. El valor de K se puede ajustar dependiendo de la medición del caudal. Si el flujo se mide en galones por minutos y se desea que X se exprese en libras por minutos, K sería aproximadamente 120.000. Por otro lado, si el flujo se mide en metros cúbicos por hora y se desea que X se exprese en kilogramos por hora, entonces K sería aproximadamente 1.000. Otros valores de K se pueden calcular fácilmente, en base a las diversas unidades utilizadas.

Típicamente, en los sistemas de enfriamiento, la velocidad de alimentación del material de tratamiento se mide en libras por un millón de libras del medio de aporte requerido para mantener una concentración deseada del material de tratamiento. También,  $\Omega$  se mide típicamente en mg/l. Sin embargo, las unidades pueden variar, dependiendo del tamaño del sistema de enfriamiento, parámetro y/o material de tratamiento, entre otros factores.

El valor de  $\Omega$  puede depender de la química esperada del medio de enfriamiento en el sistema de operación y de la composición química del producto. Típicamente,  $\Omega$  será diferente de cualquier producto de tratamiento. También, el valor de  $\Omega$  se puede aumentar o disminuir para una combinación específica de producto y de sistema en base de experiencia extensiva con un sistema de enfriamiento particular.

La fórmula para X es un cálculo básico que se podría usar por un experto en la materia del tratamiento del medio de enfriamiento para computar la velocidad de alimentación química de tratamiento en base al mantenimiento de una concentración específica en el medio de enfriamiento de recirculación. De acuerdo con la invención un medio alternativo para hacer este cálculo se usa cuando las plantas no miden la calidad del medio de enfriamiento de aporte, sino que usan el caudal del medio de enfriamiento de purga. En este caso, el cálculo sería:

$$X = (\Omega)(\text{Caudal de Purga del Medio de Enfriamiento}) / (120.000)$$

Cualquier método proporciona la velocidad de alimentación básica para el producto de tratamiento.

En la lógica de control, X se determina mediante un sistema de bucle abierto, es decir, la concentración real del producto de tratamiento en el medio de enfriamiento de circulación no se mide mediante el sistema de control. En este caso, Q es la entrada de referencia al bucle de control que regula la velocidad a la que se alimenta el material de tratamiento, X.  $\Omega$  se ajusta como función de una segunda variable, pero no relacionada, denominada función de cascada descrita en detalle a continuación. La función de cascada puede ser  $\alpha$ , para la velocidad de corrosión o  $\beta$  para el Índice de Contaminación.

Como se ha mencionado anteriormente, la velocidad de corrosión se puede factorizar en el cálculo anterior para la velocidad de alimentación de material mediante el uso de una función de cascada que proporciona un aumento por etapas en la velocidad de alimentación de tratamiento para mantener una velocidad de corrosión dentro de los límites permisibles. Los valores del factor de cascada calculado se pueden utilizar para aumentar la velocidad de alimentación para el producto específico multiplicando X por el Factor de Cascada para determinar la velocidad de alimentación ajustada Y. Por ejemplo, en un sistema de medio de enfriamiento de recirculación abierto, se desea mantener una velocidad de corrosión igual a o menor que 3 milésimas de pulgada por año (MPY) en acero templado, por ejemplo, el Instituto Norteamericano de Industrias de Acero (AISI) 1010, como se mide por un monitor CORRATER.

La función de cascada de la velocidad de corrosión se aplica típicamente como un factor por etapas, de acuerdo con la siguiente tabla:

| $CORR_{MEDIDA}/CORR_{REFERENCIA}$ | Factor de Cascada ( $\alpha$ ) |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| <0,75                             | 0,00                           |
| 0,75-0,99                         | 0,15                           |
| 1,00-1,50                         | 0,40                           |
| 1,50-3,00                         | 1,00                           |
| >3,00                             | 2,00                           |

5 Los valores anteriores son solamente ejemplos de los factores de cascada que se pueden utilizar. Adicionalmente, todos los valores se aproximan y pueden variar de los anteriores sin alejarse del alcance de la invención.

10 Los factores de cascada mostrados en la tabla anterior son factores empíricamente determinados sin dimensiones en base a la experiencia de campo y datos de laboratorio. Los valores pueden ser una función de la química del producto, del diseño del sistema y de las condiciones de operación y/o una combinación de los mismos. Por ejemplo, en un intercambiador de calor en que al menos el enfriamiento está sobre el lado de la carcasa, la velocidad fluida es normalmente bastante baja. Si el factor de calor de un intercambiador de este tipo es tal que la temperatura superficial es alta, por ejemplo, mayor que aproximadamente 140°F, el potencial tanto para la contaminación como para la corrosión es bastante alta. La química de algunos productos inhibidores de corrosión puede, en altas concentraciones aumentar en realidad el Índice de Contaminación, mientras que otros pueden tener un efecto bajo o ninguno. Por lo tanto, para el primero, podemos utilizar valores de aproximadamente 1,00; 1,10; 1,25; 1,5 y 1,8 para los factores de cascadas.

20 En algunos casos, tal como cuando se usa un azol aromático específicamente para inhibir la corrosión de cobre y aleaciones que contienen cobre, el factor de cascada puede ser aproximadamente 0,6; 1,0; 2,0; 4,0 y 8,0, respectivamente. Esto se debe parcialmente al hecho de que normalmente, las velocidades de corrosión son demasiado bajas en tales metales, por ejemplo, menores que aproximadamente 0,2 MPY, y que resultados inesperados, cuando ocurren, son potencialmente severos. Sin embargo, el azol aromático no tiene efectos nocivos en la contaminación. Otro problema es la rentabilidad. Por ejemplo, los azoles aromáticos son bastante costosos y normalmente se usan en dosis bastante pequeñas.

30 Un ejemplo que implica el uso de azoles aromáticos implica un puesto de generación de potencia. El puesto utiliza cloro en una base periódica, por ejemplo, aproximadamente una vez cada aproximadamente dos días, como un microbicida de oxidación para inhibir la acumulación de biomasa. Típicamente, una velocidad de corrosión de aleación de cobre es menor que aproximadamente 0,2 MPY. Sin embargo, durante la aplicación de cloración, las velocidades de corrosión para el cobre pueden exceder 20 MPY. Aunque la velocidad de corrosión elevada puede durar sólo aproximadamente unas pocas horas, la velocidad elevada se podría haber disminuido si el sistema de control tuviese la capacidad de ajustar el nivel de dosificación del azol aromático durante el periodo de cloración.

35 Como alternativa, la función de cascada de velocidad de corrosión se puede aplicar como un algoritmo para ajustar continuamente el inhibidor de corrosión como una función de la proporción entre la velocidad de corrosión "de referencia" y la velocidad de corrosión real tal como:

$$\text{Si } CORR_{MEDIDA} > CORR_{REFERENCIA}, \text{ entonces } Y = (X) [1 + \alpha (CORR_{MEDIDA}/CORR_{REFERENCIA})],$$

en la que:

40  $\alpha$  = un valor numérico determinado empíricamente entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 2,0 e Y = velocidad de alimentación del inhibidor de corrosión.

45 De acuerdo con la invención, un tipo similar del control de cascada se puede usar para ajustar el Índice de Contaminación (FI). El Índice de Contaminación es un fenómeno que depende del tiempo. El Índice de Contaminación es un número sin dimensión que se puede calcular en base a una temperatura de masa del medio de enfriamiento, la temperatura de una pared entre una fuente de calor y la corriente del medio de enfriamiento, un caudal de la corriente del medio de enfriamiento a medida que se hace pasar por una superficie calentada, un nivel de potencia asociado con la superficie calentada y factores

para convertir una velocidad medida del flujo del medio de enfriamiento en un valor para la velocidad fluida y el esfuerzo de cizalladura contra la superficie calentada.

5 Los datos de referencia para el cálculo del Índice de Contaminación se pueden obtener bajo condiciones limpias para ajustar el punto de partida o FI cero. El Índice de Contaminación se puede  
 10 calcular después de acuerdo con la siguiente fórmula. Después de adquirir los datos de referencia, los valores pueden determinarse periódicamente para las variables mencionadas anteriormente y el Índice de Contaminación calculado para cada tiempo de detección. La detección periódica de las variables y el recálculo del Índice de Contaminación permite la medición del FI bajo las condiciones de operación. El periodo de tiempo entre la detección puede variar. Típicamente, el tiempo puede ser tan corto como unos pocos segundos o tan largo como una hora. Las investigaciones han mostrado que bajo las condiciones de contaminación normales, las lecturas tomadas en intervalos de aproximadamente treinta (30) segundos a aproximadamente cinco (5) minutos proporcionan resultados óptimos. Sin embargo, en casos de contaminación severa, intervalos de tiempo más cortos se pueden garantizar. Por ejemplo, intervalos de tiempo tan cortos como de aproximadamente treinta segundos a aproximadamente un minuto se han utilizado. En condiciones de contaminación insignificante, los intervalos de tiempo pueden ser más largos. Por ejemplo, los intervalos de aproximadamente quince a aproximadamente 30 minutos se han utilizado. Aunque se pueden usar periodos de tiempo más largos, la utilidad de los intervalos mayores que treinta minutos puede ser una función de diseño del sistema y de las condiciones de operación. Sin embargo, típicamente, a mayor sea el intervalo, menos sensible será el control para cambios en el Índice de Contaminación. Por tanto, aunque son posibles intervalos de tiempo más largos, no pueden utilizarse frecuentemente.

El Índice de Contaminación se puede calcular de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$FI = (A) \{ [(T_w - T_b) / Power - B]_c - [(T_w - T_b) / Power - B]_i \} + J,$$

en la que

25  $J = (C) [(T_b)_c - (T_b)_i] + (D) (F_c - F_i) + (E) (POWER_c - POWER_i)$

F= caudal,

J= factor de corrección,

Power = potencia

T<sub>b</sub>= temperatura fluida de masa,

30 T<sub>w</sub>= temperatura de pared,

i representa las lecturas iniciales,

c representa las lecturas reales y

A, B, C, D y E representan los factores de corrección.

35 El valor de los factores de corrección A, B, C, D, E y J puede variar, dependiendo de la aplicación y del efecto deseado de los materiales de tratamiento, cuya la velocidad de adición se puede afectar por el valor del Índice de Contaminación. Por ejemplo, el factor de corrección A puede estar entre aproximadamente 0,002 y aproximadamente 1000. De acuerdo con una realización preferida, el factor de corrección A es aproximadamente 400.

40 El factor de corrección B se puede usar para ajustar cambios en el caudal. El factor de corrección B puede ser especialmente bueno para compensar los pequeños cambios en el caudal. El factor de corrección B puede considerar el valor total del caudal. El factor de corrección B puede variar de aproximadamente 0,167/F a aproximadamente 1/F. De acuerdo con una realización preferida, el factor de corrección B puede ser aproximadamente 0,25/F.

45 En una realización, los factores de corrección C, D y E tienen valores de aproximadamente 0,321, aproximadamente 1,432 y aproximadamente 0,0665, respectivamente. Sin embargo, los valores de cada uno de estos factores pueden variar, dependiendo de la realización y de la aplicación entre otros factores. Por ejemplo, aunque C puede tener un valor de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 0,7, D puede tener un valor de aproximadamente 0,9 a aproximadamente 1,85 y E puede tener un valor de aproximadamente 0,03 a aproximadamente 0,13.

50 En una realización, A tiene un valor de aproximadamente 400, B tiene un valor de aproximadamente 0,25/F, C tiene un valor de aproximadamente 0,321, D tiene un valor de aproximadamente 1,432 y E tiene un valor de aproximadamente 0,0665.

La fórmula para el valor de J es el resultado de una serie de operaciones de calibración. La fórmula para el factor de corrección J incluye preferiblemente términos que corrigen los cambios en la temperatura del medio de enfriamiento de masa, el flujo y la potencia. El factor de corrección J se puede calcular en base al cambio en las condiciones entre los datos base y la última lectura. Aunque se pueden usar otros valores para el factor de corrección J, un valor calculado de acuerdo con la fórmula anterior puede "normalizar" los datos eliminando el ruido restante.

El valor de cualquiera de los factores de corrección, y particularmente del factor de corrección A puede variar, dependiendo de cómo un usuario desea colocar en una escala los valores calculados. Adicionalmente, el Índice de Contaminación se puede corregir también sin usar uno o más de los factores de corrección. Sin embargo, un factor de corrección puede ser deseable para eliminar "el ruido" en el cálculo. Es decir, sin un factor de corrección, la amplitud del ruido puede exceder el cambio en el valor del Índice de Contaminación. Además, el valor del Índice de Contaminación se puede ajustar usando los factores de corrección para ayudar a asegurar que los valores altos y/o bajos anómalos no provoquen reacciones adversas ni contribuyan a problemas de contaminación si, por ejemplo, la concentración resultante del material de tratamiento es demasiado alto.

La economía también puede tener un rol en la aplicación del Índice de Contaminación calculado. Por ejemplo, un diseñador de intercambiador de calor puede ajustar diferentes tolerancias de contaminación para diferentes intercambiadores de calor, estableciendo de esta manera diferentes niveles de tolerancia de contaminación para los mismos.

Como otro ejemplo del rol del papel que la economía puede tener en la operación de un sistema de enfriamiento, los límites económicos del operario, bien sea en un nivel de individuo o de corporación, del sistema de enfriamiento pueden decidir que ciertas condiciones serán económicamente aceptables. Como ejemplo, en un caso, una planta antigua que se programa para cerrar en unos pocos años puede encontrar que una alta velocidad de corrosión es aceptable. Por tanto, el operario de esta planta puede escoger limitar la concentración máxima de los inhibidores de corrosión limitando el factor de amplitud o elevando la referencia.

Aunque existen otros algoritmos para calcular los términos anteriores, incluyendo el FI, estos difieren en la mayoría de las veces por modificaciones que podrían alterar los resultados numéricos. Tales alteraciones podrían incluir cambiar la normalización. Por ejemplo, se podría variar el valor de los factores de corrección.

El control de FI se puede basar en dos factores, primero  $FI_{REAL}$  frente a  $FI_{REFERENCIA}$  y segundo, la velocidad de cambio de FI con el tiempo ( $\Delta FI/\Delta t$ ) una vez que se alcanza el equilibrio con el entorno fluido. Tanto por etapas como el ajuste continuo de las formas de control son aplicables a tales sistemas.

Por ejemplo, si  $FI_{REAL} > FI_{REFERENCIA}$  entonces,

$$Z = (X) [1 + (\beta) (FI_{REAL}/FI_{REFERENCIA})],$$

en la que,  $\beta$  es un valor determinado empíricamente entre aproximadamente 0,0 y aproximadamente 4,0 y Z es una velocidad de alimentación de un material anticontaminante. Una función por etapa se puede usar también para ajustar la velocidad de alimentación del material anticontaminante.

| $FI_{REAL}/FI_{REFERENCIA}$ | Factor de Cascada |
|-----------------------------|-------------------|
| <0,8                        | 0,00              |
| 0,8-1,0                     | 0,15              |
| 1,0-1,2                     | 0,30              |
| 1,2-1,5                     | 0,70              |
| >1,5                        | 1,5               |

Los valores anteriores son solamente ejemplos de los factores de cascada que se pueden utilizar. Adicionalmente, todos los valores son aproximados y pueden variar de los anteriores sin alejarse del alcance de la invención.

Los factores de cascada mostrados en la tabla anterior son factores determinados empíricamente sin dimensiones en base a la experiencia de campo y a los datos de laboratorio. Los valores pueden ser una función de la química del producto, del diseño del sistema y de las condiciones de operación. Por ejemplo, en un intercambiador de calor en el que el medio está sobre el lado de carcasa, la velocidad fluida es normalmente bastante lenta. Si el factor de calor de un intercambiador de este tipo es de tal

forma que la temperatura superficial es alta, por ejemplo, mayor que aproximadamente 140°F, el potencial tanto para la contaminación como para la corrosión es bastante alto. La química de algunos productos inhibidores de corrosión puede, en altas concentraciones aumentar en realidad el índice de Contaminación, mientras que otros pueden tener un efecto bajo o nulo. Por lo tanto, para el primero, debemos utilizar valores de aproximadamente 0,00; 0,10; 0,25; 0,5 y 0,8 para los factores de cascada.

En algunos casos, tales como cuando un azol aromático se usa específicamente para inhibir la corrosión del cobre y de aleaciones que contienen cobre, el factor de cascada puede ser aproximadamente 0,6; 1,0; 2,0; 4,0 y 8,0, respectivamente. Esto se debe parcialmente al hecho de que normalmente, las velocidades de corrosión son muy lentas sobre tales metales, por ejemplo, menores que aproximadamente 0,2 MPY, y que los resultados inesperados, cuando ocurren, son potencialmente severos. Sin embargo, el azol aromático no tiene efectos perjudiciales en la contaminación. Otro asunto es la rentabilidad. Por ejemplo, los azoles aromáticos son bastante costosos y normalmente se usan en dosis bastante bajas.

Las velocidades de corrosión elevadas, que pueden provocar un daño significativo al sistema por sí mismas, pueden dar como resultado una liberación de cantidades excesivas de productos de corrosión tales como hidróxidos ferrosos y férricos en la corriente del medio de enfriamiento. Dependiendo de la química del medio de enfriamiento, estos materiales pueden hacerse reaccionar con iones en la corriente del medio de enfriamiento para formar contaminantes, pueden actuar como aglomerados de otros sólidos suspendidos, tales como sedimentos, biomasa y fugas de proceso, o se pueden oxidar para formar sus propios contaminantes (por ejemplo, óxido férrico).

Por lo tanto, la presente invención puede incluir también un algoritmo para aumentar además la velocidad de alimentación del anticontaminante cuando la velocidad de corrosión excede el valor predeterminado, y permanecer a la alta velocidad durante un periodo de tiempo después que se reduce la velocidad de corrosión para inhibir más la deposición.

De acuerdo con el algoritmo para la corrosión aumentada, si  $CORR_{MEDIDA} > (G)(CORR_{REFERENCIA})$ , en la que G es un factor de corrección, entonces la velocidad de alimentación del material que controla el algoritmo bajo condiciones de corrosión normal se ajustaría además como sigue:

$$Z = (X) [1 + \beta (FI_{MEDIDA} / FI_{REFERENCIA}) + \theta (CORR_{MEDIDA} / (G) CORR_{REFERENCIA})]$$

en la que,  $\beta$  es un valor entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 8,0 y  $\theta$  es un valor entre aproximadamente 0,2 y aproximadamente 2,0. Los valores de  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\theta$  son preferiblemente funciones de las químicas de los materiales de tratamiento respectivos.

El valor del factor de corrección G en la fórmula anterior se puede basar en una suposición de que un usuario utilizaría una referencia que sea de forma segura menor que la velocidad de corrosión máxima permisible para el sistema particular. Por ejemplo, el factor de corrosión G puede obtener un valor de aproximadamente 1,1 a aproximadamente 2,0. Un valor de 1,1 proporcionaría aproximadamente un diez por ciento del factor de seguridad, mientras que un valor de aproximadamente 2,0 proporcionaría un valor de seguridad de aproximadamente un cien por ciento.

En una realización, el factor de corrosión G es aproximadamente 1,5. Un valor de este tipo supone que la referencia se ajusta en aproximadamente el 66,7% del valor de corrosión máximo permisible. Si la referencia estuviese en aproximadamente el 80%, entonces el valor de corrección G sería aproximadamente 1,25. Además, si la referencia estuviese en aproximadamente el 90%, entonces el valor de corrección G tendría un valor de aproximadamente 1,11. Por lo tanto, se puede observar como un valor diferente del factor de corrección podría derivarse.

$\theta$  es otro factor de cascada. Se puede usar para ajustar la dosis del dispersante cuando ocurren altas velocidades de corrosión. Una razón para esto es que los productos de corrosión, tales como iones ferrosos y férricos reaccionen posteriormente con el ión hidroxilo y después aglomeran otros contaminantes tales como sólidos suspendidos, compuestos de dureza y microflora para formar depósitos contaminantes adicionales. Como con  $\beta$ ,  $\theta$  se puede usar para aumentar la velocidad de alimentación del dispersante debido a un aumento indicado en la velocidad de corrosión. Los valores para  $\theta$  pueden estar en el mismo intervalo que el intervalo de valores para  $\beta$  descrito anteriormente. Como alternativa, estos factores se pueden dividir, usando dos dispersantes separados, uno como un suplemento dirigido específicamente en la neutralización de los efectos perjudiciales de la corrosión excesiva y el otro sólo en base al equilibrio de material y a  $\beta$

Un aparato, que no está dentro del alcance de la reivindicaciones, incluye medios para medir un caudal de un medio del sistema de enfriamiento de aporte, medios para medir una conductividad del medio de sistema de enfriamiento de aporte, medios para medir una conductividad de un medio de enfriamiento de recirculación y medios para determinar una velocidad de alimentación del material de tratamiento en base a la fórmula:

$$X = \frac{\text{(caudal del medio de enfriamiento de aporte)} \cdot \text{(conductividad del medio de enfriamiento de aporte)} \cdot (\Omega)}{\text{(K)} \cdot \text{(conductividad del medio de enfriamiento de recirculación)}}$$

5 en la que X es una velocidad de alimentación de tratamiento de un compuesto de tratamiento,  $\Omega$  es una concentración deseada del compuesto de tratamiento y K es una constante. En esta fórmula, si los valores se miden de acuerdo con el sistema Inglés de medición, el caudal de aporte se puede medir en galones por unidad de tiempo. El factor de 120.000 se puede usar para convertir el caudal a millón de libras. Por tanto, X se expresará en libras por unidad de tiempo. En unidades métricas, el caudal se puede medir en metros cúbicos por unidad de tiempo y X estaría entonces en gramos por unidad de tiempo. El valor de K se puede ajustar como se ha descrito anteriormente para tomar en cuenta las unidades en que se expresan los otros valores de la ecuación.

10 Un aparato de acuerdo con la presente invención incluye medios para medir un caudal de purga en lugar de un caudal de aporte. Una realización de este tipo incluye también medios para determinar una velocidad de alimentación del material de tratamiento en base a la fórmula:

$$X = \frac{(\Omega) \cdot \text{(Caudal de Purga del Medio de Enfriamiento)}}{(120.000)}$$

en la que X es una velocidad de alimentación de material de tratamiento y  $\Omega$  es una entrada de referencia a un bucle de control que regula la velocidad de alimentación del material de tratamiento.

15 Por consiguiente, un aparato que utiliza el caudal de aporte puede incluir un dispositivo para determinar el Índice de Contaminación y un segundo dispositivo que proporciona todas las otras mediciones y todas las funciones de control. Los dos dispositivos se podrían incluir en una sola unidad.

20 Un controlador utilizado de acuerdo con la presente invención puede incluir un microprocesador. El microprocesador puede ser de cualquier tipo. Por ejemplo, el microprocesador puede ser un microprocesador de serie "86" disponible por INTEL, incluyendo el procesador PENTIUM y cualquier otro procesador INTEL futuro. El aparato puede utilizar también cualquier microprocesador disponible. Los ejemplos de microprocesadores que la invención puede utilizar incluyen microprocesadores disponibles por MOTOROLA, tales como la línea 68000 utilizada en los ordenadores Macintosh, procesadores POWER PC o cualquier otro microprocesador disponible por cualquier otro fabricante.

25 El microprocesador puede incluir tecnología EPROM, EEPROM y/o flash ROM para el soporte lógico. Cualquier otra tecnología de memoria se puede utilizar también en un aparato de acuerdo con la presente invención. También, el aparato puede incluir una cantidad deseable de memoria RAM. La memoria RAM puede estar respaldada por batería.

30 Un circuito I/O digital, un circuito O/O análogo, un decodificador de teclado y una interfaz de usuario se pueden incluir además en el aparato. La interfaz podría incluir un teclado de 20 teclas y una pantalla de 4 líneas, 40 caracteres. El aparato se puede contener en un solo recinto protegido contra el entorno industrial.

35 Una realización alternativa se podría basar en un controlador lógico programable (PLC) con memoria RAM y capacidad I/O similar a la realización descrita anteriormente. Esta realización alternativa podría incluir una interfaz de usuario multilínea o gráfica. También, todos los componentes del sistema se podrían incluir en un solo aparato.

40 Un controlador de acuerdo con la invención puede recibir y usar señales de entrada de un monitor de corrosión, un monitor de pH, un monitor de conductividad y, posiblemente, un monitor de Oxidación-Reducción-Potencial. La tecnología de resistencia por polarización lineal (LPR) se puede usar para medir la velocidad de corrosión. Un ejemplo de la tecnología LPR es el CORRATER suministrado por Rohrback Cosasco Systems. La conductividad y el pH se miden mediante los monitores que se podrían obtener por Foxboro Analytical, Signet Scientific, Great Lakes Instruments, Lakewood Instruments, Leeds & Northrup, Rosemount Analytical, Johnson-Yokagawa y TBI Bailey Instruments. Todas las compañías mencionadas anteriormente son fabricantes de instrumentos de pH y de conductividad.

45 Las señales de entrada al controlador pueden suministrarse mediante transmisores de sensor genéricos y/o monitores. Ejemplos de tales sensores y monitores, son similares a aquellos fabricados por Fisher-Rose, Foxboro Company, Johnson-Yokagawa, Hach Co., GF Signet Scientific, Rohrback Cosasco Systems y otros, que determinan parámetros tales como el uso del medio de enfriamiento de aporte, la purga del sistema de enfriamiento, la temperatura o temperaturas del medio de enfriamiento en diversos puntos en el sistema, los parámetros del medio de enfriamiento tales como pH, conductividad, Oxidación-Reducción-Potencial (ORP), turbidez, velocidad de corrosión y/o iones específicos tales como ortofosfatos, molibdato o sílice. Cualquiera de dichos parámetros se puede determinar también en el medio de enfriamiento de aporte. Además, se puede obtener una señal de entrada análoga a partir de un monitor de contaminación.

Un aparato de acuerdo con la invención puede incluir también un segundo sistema de microprocesador similar al sistema de microprocesador descrito anteriormente con un EPROM diferente usado para determinar la contaminación. Este segundo microprocesador puede incorporar un controlador de potencia electrónicamente controlado para suministrar una cantidad predeterminada de calor a un flujo de calor constante a través de una superficie de transferencia térmica. Un dispositivo de medición de temperatura se puede localizar entre el elemento calentador y la superficie de transferencia térmica. Un segundo dispositivo de medición de temperatura se puede proporcionar en la corriente fluida que entra al monitor.

También, un monitor de flujo se puede usar para determinar el caudal del medio de enfriamiento que entra al dispositivo. Este flujo se puede controlar manualmente con una válvula aguas abajo o una combinación de la válvula aguas abajo con un regulador de presión aguas arriba, si la presión de la línea varía significativamente. La superficie calentada forma la superficie interna de un conjunto de flujo anular. El calor puede suministrarse como energía eléctrica y el diseño asegura que todo el calor se transferirá al medio de enfriamiento a media que pasa a través de la superficie calentada. El flujo y la potencia se pueden ajustar para simular las condiciones de operación de la planta reales dentro de una porción de un intercambiador de calor del proceso que opera en el mismo medio de enfriamiento.

Un ejemplo de un monitor de contaminación utilizado en un aparato de acuerdo con la invención es el monitor ONGUARD CFM-1000 producido y comercializado por Ashland Chemical Company, Drew Industrial Division of Boonton, Nueva Jersey. Un ejemplo de un controlador que se puede utilizar en un aparato de acuerdo con la invención es el controlador del medio de enfriamiento ONGUARD Alpha también producido y comercializado por Ashland Chemical Company, Drew Industrial Division of Boonton, Nueva Jersey. El controlador Alpha mide preferiblemente el caudal del medio de enfriamiento de aporte, el pH, la conductividad, la velocidad de corrosión y el ORP. Sin embargo, puede también monitorear muchos otros parámetros. Aunque, el caudal del medio de enfriamiento, el pH, la conductividad, la velocidad de corrosión y el ORP son parámetros que son particularmente de interés en la invención.

De acuerdo con una realización de la invención, se utiliza un dispositivo pequeño, simple y menos costoso. Un dispositivo de acuerdo con esta realización produce preferiblemente un Índice de Contaminación como una medida de contaminación. El dispositivo incluye preferiblemente un calentador integrado con al menos un termocople fijo, un termocople del medio de enfriamiento de masa, transmisores de temperatura lineales, un dispositivo de medición de flujo sensible, transmisores de tensión y corriente de precisión, un medio para ajustar de forma precisa y mantener constante la potencia y un controlador lógico fijo para mantener la potencia, registrar los datos, calcular las condiciones de referencia y arrojar una señal análoga proporcional al Índice de Contaminación. El Índice de Contaminación se puede comunicar con un controlador, se pueden utilizar o bien un controlador lógico programable o un controlador lógico fijo.

De acuerdo con otra realización, los sistemas de la presente invención se pueden contener dentro de un solo alojamiento. Una realización alternativa adicional puede incluir un controlador lógico programable (PLC) en lugar de un controlador lógico fijo.

Independientemente de la realización de un aparato de acuerdo con la invención, el dispositivo proporciona preferentemente datos reproducibles.

Además de la corrosión y del Índice de Contaminación o Factor de Contaminación, el potencial oxidación-reducción (ORP) puede también ser un parámetro que se puede usar para monitorear y posiblemente controlar oxidantes tales como cloro y bromo. El Oxidación-Reducción-Potencial se ha utilizado exitosamente para controlar el uso de microbicidas de oxidación en sistemas de medios de enfriamiento de recirculación abierta. El ORP indica el resultado neto de todos los agentes de oxidación y de reducción en la corriente del medio de enfriamiento. Mantener un potencial de oxidación/reducción anterior por encima de un cierto valor,  $\gamma$ , puede inhibir el crecimiento de microorganismos tanto en el fluido como fijados a superficies sólidas.

Generalmente,  $\gamma$  estará entre aproximadamente + 400 mV y aproximadamente + 600 mV, sin embargo, el valor óptimo de  $\gamma$  puede ubicarse específicamente. En sistemas en los que se utiliza la dosis intermitente de microbicidas de oxidación, un aumento significativo en el potencial de oxidación de la corriente del medio de enfriamiento ocurre normalmente de forma simultánea con la inyección de microbicida de oxidación.

La corrosividad del medio de enfriamiento se puede afectar también por los materiales de tratamiento. Por ejemplo, la corrosividad puede cambiar, dependiendo del nivel de oxidación usado, si existe. La especie oxidante puede afectar también la corrosividad, como también la química del medio de enfriamiento. De acuerdo con un ejemplo, un sistema que utiliza agua que incluye bajo nivel de sólidos disueltos como un medio de enfriamiento puede hacerse muy corrosivo cuando se trata con niveles excesivos de cloro. Por otro lado, un agua altamente tamponada usada como un medio de enfriamiento tratada con dióxido de cloro puede no aumentar significativamente el nivel de la corrosividad del agua.

Para proteger los materiales de construcción de la corrosión acelerada en tales momentos, la velocidad de alimentación del inhibidor de corrosión se puede ajustar también en base al valor potencial de oxidación/reducción. Esto se usa principalmente cuando los componentes críticos en el sistema de medio de enfriamiento se fabrican de cobre o de aleaciones que contienen cobre y cuando un material de tipo azol aromático se usa para inhibir específicamente la corrosión en los materiales que contienen cobre. En algunos casos, el tratamiento con azol suplementario se puede utilizar. Sin embargo, en muchos casos, los niveles de tratamiento existentes se aumentan simplemente.

Tradicionalmente, tal ajuste se consigue energizando simplemente el ajuste de alimentación de azol simultáneamente con la alimentación del microbicida. Sin embargo, el aumento en el ORP no ocurre de forma instantánea. Sino que aumenta como una función de la concentración aumentada de microbicidas de oxidación.

Puede tomar tanto como de 2 a 3 horas para que la concentración alcance un nivel en el que se requiere la inhibición de corrosión adicional. Además, el ORP elevado permanece durante algún período, normalmente insignificante de tiempo después de que termine la inyección. Por lo tanto, el control de la elevación de la inyección de azol como una función del ORP es significativamente más rentable que el medio tradicional.

En este caso cuando  $ORP_{REAL} > ORP_{LIMITE}$  entonces,

$$Azol = (X) + (Azol_{ORP}) + (Azol_{COOR})$$

en la que,

$Azol_{ORP}$  = la cantidad de azol añadido en base al cambio específico de ubicación en ORP, y

$Azol_{COOR}$  = la cantidad de azol adicional requerido para vencer la corrosión aumentada en base a la tecnología LPR aplicada a los electrodos que contienen cobre.

La presente invención contempla también el uso de otros parámetros para controlar el tratamiento químico y la calidad del medio de enfriamiento en los sistemas de enfriamiento. Por ejemplo, el factor de contaminación (FF) se puede utilizar también en los métodos de la presente invención.

#### Ejemplo Hipotético

El siguiente es un ejemplo hipotético de una aplicación de la presente invención a un sistema de enfriamiento hipotético. En el ejemplo, el sistema de enfriamiento se somete a contaminación a partir de un número de fuentes. Por ejemplo, entre otras fuentes, la contaminación puede originarse a partir de una contaminación del proceso petroquímico, contaminación atmosférica a partir de la unidad o unidades de operación intermedia, contaminación atmosférica de equipos de producción próximos y/o condiciones ambientales tales como los altibajos de la temperatura ambiental, cambios de humedad, así como la dirección y la velocidad del viento. Tales condiciones ambientales son típicas de muchas instalaciones CPI y HPI.

Antes de la instalación de un sistema de control de acuerdo con la presente invención, la producción o una combinación de la producción y calidad del producto del proceso de producción se limitó mediante el agua de enfriamiento. Tanto la producción como la calidad del producto se pueden afectar adversamente por la capacidad que tiene el sistema de enfriamiento de rechazar el calor, que es normalmente el resultado de la contaminación agravada por las altas temperaturas ambientales. Por ejemplo, las fugas de proceso fueron la mayoría de las veces no detectadas durante períodos extendidos de tiempo, lo que dio como resultado corrosión excesiva, acumulación de biomasa y contaminación. Adicionalmente, el tratamiento químico se cargó en la base, con una cantidad específica añadida continuamente durante cada período de 24 horas. Los cambios en las dosis de tratamiento se realizó a frecuencias que variaban entre diariamente y semanalmente dependiendo de los análisis de laboratorio.

Las etapas preliminares del desarrollo de la presente invención incluyeron el desarrollo de un medio en línea para detectar las fugas de proceso y la contaminación atmosférica, ambas de las cuales pueden acelerar el crecimiento de biomasa. Adicionalmente, algunas fugas de procesos pudieron acelerar la corrosión. La biomasa se puede aglomerar en superficies húmedas en el sistema de enfriamiento y puede dar como resultado la corrosión de la parte inferior del depósito, tanto de la secreción ácida por los propios microbios y causando una concentración de oxígeno diferencial entre una superficie cubierta y las superficies circundantes.

De acuerdo con el ejemplo, el cloro se añadió continuamente al sistema de enfriamiento a una velocidad constante pre-ajustada para controlar la producción de biomasa. Cuando ocurrieron las fugas del proceso, se encontró que el ORP disminuía. La experiencia anterior en este punto había mostrado que, cuando el ORP se mantenía entre aproximadamente 480 y aproximadamente 550 mV, la biomasa se introducía dentro del control y se reducían las velocidades de corrosión. El aumento de la alimentación de

cloro se encontró que tenía un efecto limitado. Sin embargo, cuando el dióxido de cloro se utilizó como el suplemento, aumentó el ORP.

5 El agua usada para constituir este sistema es de calidad consistente con respecto a la dureza y la alcalinidad. La dureza en exceso en el agua circulante puede provocar la precipitación de las sales de dureza como escamas. La operación del sistema con ciclos de baja concentración puede dar como resultado el consumo de agua en exceso y una disminución en la rentabilidad del programa de tratamiento.

10 El primer bloque de construcción del Sistema De Control En base a rendimiento fue la adición del equilibrio de masa como un factor en el control del pH y de la conductividad. El equilibrio de masa se usó para mantener una concentración predeterminada del inhibidor de corrosión y del inhibidor de contaminación en el agua circulante en todo momento.

El segundo bloque de construcción del Sistema De Control En base a rendimiento fue la adición de la medición ORP en línea. El ORP real se comparó con las especificaciones del proceso predeterminado para encender y apagar automáticamente la alimentación del dióxido de cloro.

15 Por ejemplo, cuando el ORP cayó por debajo de 400 mV, se inició la alimentación del dióxido de cloro durante un período de dos horas. Sin embargo, si dentro de dicho período, el ORP aumentó a 580 mV, su alimentación se acabaría. Si el ORP cae por debajo de 300 mV, el sistema de control transmite una alarma para avisar a los operarios del proceso que ha ocurrido una fuga importante y que se requiere la intervención humana para encontrarla y repararla. Si, después de dos horas, el ORP no había aumentado a al menos 500 mV, se inicia un período de alimentación de dos horas adicional y se activa una alarma para avisar a los operarios del proceso que se puede requerir intervención humana.

20 El tercer bloque de construcción del Sistema De Control En base a rendimiento es la adición de contaminación a las variables descritas anteriormente. Normalmente, el sistema de enfriamiento se operaba con un potencial mínimo de contaminación, excepto cuando ocurrían las fugas del proceso. Un objetivo del nuevo sistema de control de la presente invención es optimizar el proceso de enfriamiento reduciendo el consumo de agua. Esto aumentó el potencial para la contaminación tanto para formación de escama como de biomasa.

25 Una especificación del proceso se estableció en base al análisis del diseño y operación de los intercambiadores de calor de la planta. La alimentación del inhibidor de contaminación fue un patrón de referencia para mantener la contaminación a un nivel menor que aproximadamente el 80% de la especificación del proceso como se ha determinado por el monitor de contaminación. Lógica se añadió al sistema de control para aumentar la alimentación del inhibidor de contaminación teniendo el monitor de contaminación que detectar una acumulación de la contaminación que excede la establecida.

30 La primera reducción de esta invención usó un ajuste en aumento a modo de tapa con etapas ajustadas a aproximadamente 1,15; 1,3; 1,7 y 2,5 veces la proporción de alimentación base a aproximadamente el 80%, el 100%, el 120% y el 150% de la especificación del proceso. Además, una vez que aumentó la velocidad de alimentación, se mantuvo en el nivel más alto durante un mínimo de aproximadamente 24 horas antes de permitir que disminuyese debido a una reducción en la contaminación.

35 Un bloque de construcción adicional del Sistema De Control En base a rendimiento de acuerdo con la presente invención fue la adición de la determinación de la velocidad de corrosión en línea con respecto a los parámetros mencionados anteriormente. Puesto que la corrosión se interrelaciona con la contaminación y la biocontaminación, o aglomeración de biomasa, esto añade una nueva dimensión al sistema de control.

40 En el punto de partida, después de la iniciación del sistema de control, el sistema de agua de refrigeración operaba dentro de las especificaciones del proceso, una situación que continuó durante algún periodo tiempo. Entre las especificaciones del proceso existen:

| Parámetro               | Especificaciones  |
|-------------------------|-------------------|
| pH                      | 7,4-7,7           |
| ORP                     | 480-550 mV        |
| Velocidad de Corrosión  | 3,0 MPY (máx)     |
| Índice de Contaminación | 150 (máx)         |
| Conductividad           | 2200-2400 $\mu$ S |

Al momento X, el monitor ORP detectó una caída en el ORP de aproximadamente 500 a aproximadamente 350 mV durante el transcurso de varios minutos. La caída activó la iniciación de la alimentación del dióxido de cloro, que después de varios minutos adicionales, causó que el ORP se llevara a un primer nivel de apagado y después comenzara a elevarse.

5 En aproximadamente X + 3 minutos, el pH cayó por debajo de aproximadamente 7,4 y la alimentación ácida se terminó.

10 Durante aproximadamente X + 10 minutos, el pH había caído hasta aproximadamente 6,9 y la velocidad de corrosión había saltado a aproximadamente 3,5 MPY. La alimentación del inhibidor de corrosión aumentó aproximadamente 1,4 veces el nivel de alimentación base, seleccionando el Factor de Cascada  $\alpha$  de acuerdo con la Tabla anterior. Al mismo tiempo, el monitor de contaminación detectó un incremento en el índice de Contaminación, aunque este valor estaba aún bastante por debajo del máximo especificado.

15 En aproximadamente X + 20 minutos, el pH aún continuó en aproximadamente 6,9 y el sistema de control aumentó la velocidad de purga en aproximadamente el 20% para desconcentrar el agua de circulación, reemplazándola con aporte nuevo.

Durante aproximadamente X + 40 minutos, el pH había aumentado por encima de aproximadamente 7,0 y el ORP había comenzado a aumentar.

20 Durante aproximadamente X + 50 minutos, la velocidad de corrosión alcanzó aproximadamente 4,6 MPY, aproximadamente el 53% por encima del punto de referencia y la velocidad de alimentación del inhibidor de corrosión había aumentado a aproximadamente 1,7 veces su velocidad base, como se ha corregido por el Factor de Cascada  $\beta$ , seleccionado de acuerdo con la Tabla anterior. La velocidad de corrosión elevada causó que la velocidad de alimentación del inhibidor de corrosión se incrementara aproximadamente 1,17 veces la velocidad base, como se ha corregido por el Factor de Cascada  $\theta$ , calculado de acuerdo con la ecuación descrita anteriormente, en la que  $\theta = 0,9 \times \beta$ ,  $G = 1,3$  y los factores  $FI_{MEDIDA} / FI_{REFERENCIA}$  y  $COOR_{MEDIDA} / (G \times GORR_{REFERENCIA})$  se basan en las tablas anteriores que muestran los valores para los factores de Cascada  $\alpha$  y  $\beta$ , ajustados como se ha mencionado anteriormente.

30 Durante aproximadamente X + 90, el Índice de Contaminación alcanzó un nivel que excedió aproximadamente el 80% del punto de referencia y la velocidad de alimentación del inhibidor de contaminación aumentó nuevamente. Esto aumentó la velocidad de alimentación adicionalmente aproximadamente 1,15 veces la velocidad base durante una alimentación total de aproximadamente 1,30 veces la velocidad base.

35 En aproximadamente X + 120 minutos, el ORP había aumentado de un valor bajo de aproximadamente 330 mV a aproximadamente 440 mV, pero aún no estaba dentro de las especificaciones del proceso. Una alarma se activó solicitando que el personal de operación ubicara y corrigiera las fugas del proceso.

40 Durante aproximadamente X + 170 minutos, el ORP había aumentado por encima de aproximadamente 480 mV, el pH estaba en aproximadamente 7,5 y la conductividad estaba en aproximadamente 2050  $\mu$ S. La velocidad de purga se redujo a aproximadamente el 90% del punto de referencia.

45 Durante aproximadamente X + 220, la velocidad de corrosión había disminuido hasta aproximadamente 3,0 y el Índice de Contaminación se había establecido en aproximadamente el 92% del punto de referencia. El pH había aumentado a aproximadamente 7,6 y la alimentación de ácido reanudada a la velocidad normal. La conductividad estaba en aproximadamente 2210  $\mu$ S y la purga ajustada a aproximadamente el 97% del punto de referencia.

En aproximadamente X + 240, se terminó la alimentación del dióxido de cloro.

50 Durante aproximadamente X + 6 horas, la velocidad de corrosión estaba nuevamente por debajo de aproximadamente 2 MPY, el ORP estaba en aproximadamente 520 mV, la conductividad en aproximadamente 2290  $\mu$ S y el Índice de Contaminación bajó a aproximadamente el 75% del punto de referencia.

55 En aproximadamente X + 24 horas, la velocidad de alimentación del inhibidor de contaminación disminuyó de regreso a aproximadamente 1,15 veces la velocidad base, en base a los cálculos y selección del Factor de Cascada  $\beta$ . La velocidad de alimentación del inhibidor permaneció en este nivel durante aproximadamente otras 24 horas, hasta que retornó a la velocidad base. La velocidad de alimentación del inhibidor de corrosión disminuyó a la velocidad base.

5 La Figura 1 muestra una realización de un sistema de control de acuerdo con la presente invención integrada dentro de un sistema de enfriamiento completo. Como se muestra en la caja 1, el sistema de control puede incluir monitores de pH, conductividad y ORP. Los monitores pueden ser cualquiera disponible en el mercado a partir de varias fuentes. Por ejemplo, tales monitores pueden obtenerse por Rosemount Analytical.

El sistema puede incluir también un monitor de corrosión. Cualquier monitor de corrosión disponible en el mercado del tipo aplicable a esta invención se puede usar. Por ejemplo, Rohrbach Cosasco Systems fabrica un monitor de corrosión.

10 Los números en la parte inferior del control de torre de enfriamiento integrado mostrado en la Figura 1 se refieren a los sensores de nivel en los tanques de masa. Los datos de contaminación se pueden proporcionar por un monitor de contaminación ONGUARD CFM-1000. Otro ejemplo de un monitor que puede proporcionar datos de contaminación es un analizador P-U-L-S-E. La Figura 1 no muestra la interfaz entre el sistema de control de la presente invención y el sistema de control distribuido de la planta y con ordenadores remotos, conectadas, telefónicamente o mediante otros diversos métodos de telemetría existentes. Un sistema de control de acuerdo con la invención se puede facilitar como varios componentes separados. Como alternativa, el sistema de control se puede proporcionar en forma de un único envase físico.

20 En esta descripción, se muestran y se describen sólo las realizaciones preferidas de la invención, pero, como se ha mencionado anteriormente debe entenderse que la invención es capaz de usarse en diversas otras combinaciones y entornos y que es capaz de cambios o de modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para detectar y controlar las características del sistema de enfriamiento, comprendiendo el método las etapas de:

medir un caudal de purga del medio de enfriamiento; y

5 determinar una velocidad de alimentación de tratamiento X en base a la siguiente fórmula:

$$X = (\Omega) (\text{Caudal de purga del medio de enfriamiento}) / (K)$$

en la que X es una velocidad de alimentación de tratamiento de un compuesto de tratamiento,

$\Omega$  es una concentración deseada del compuesto, y

K es una constante;

10 medir una velocidad de corrosión  $CORR_{MEDIDA}$  del medio de enfriamiento de recirculación; determinando una velocidad de corrosión deseada  $CORR_{REFERENCIA}$  del medio de enfriamiento de recirculación; y

calcular una velocidad de alimentación de un inhibidor de corrosión Y de acuerdo con la siguiente fórmula:

15 
$$Y = (X) [1 + \alpha \text{CORR}_{MEDIDA}/\text{CORR}_{REFERENCIA}]$$

en la que  $\alpha$  es un valor entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 8,0.

2. Un método para detectar y controlar las características del sistema de enfriamiento, comprendiendo el método las etapas de:

20 medir un caudal de purga del medio de enfriamiento; y

determinar una velocidad de alimentación de tratamiento X en base a la siguiente fórmula

$$X = (\Omega) (\text{Caudal de purga del medio de enfriamiento}) / (K)$$

en la que X es una velocidad de alimentación de tratamiento de un compuesto de tratamiento,

$\Omega$  es una concentración deseada del compuesto, y

25 K es una constante;

medir un Índice de Contaminación  $FI_{MEDIDO}$  del medio de enfriamiento de recirculación, en el que el Índice de Contaminación  $FI_{MEDIDO}$  se calcula de acuerdo con la fórmula:

$$FI_{MEDIDO} = (A) \{[(T_w - T_b) / \text{Power} - B]_c - [(T_w - T_b) / \text{Power} - B]_i\} + J$$

en la que

30 
$$J = (C) [(T_b)_c - (T_b)_i] + (D) (F_c - F_i) + (E) (\text{POWER}_c - \text{POWER}_i)$$

F = caudal de la corriente del medio de enfriamiento a medida que se hace pasar sobre una superficie calentada,

A, B, C, D, E y J = factores de corrección,

Power = nivel de potencia asociado con la superficie calentada,

35  $T_b$  = es la temperatura fluida de masa en el medio de enfriamiento y

$T_w$  = temperatura de una pared entre una fuente de calor y la corriente del medio de enfriamiento,

i representa las lecturas iniciales, y

c representa las lecturas reales;

40 determinar un Índice de Contaminación deseado  $FI_{REFERENCIA}$  del medio de enfriamiento de recirculación; y

calcular una velocidad de alimentación del inhibidor de contaminación Z de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Z = (X) [1 + \beta (FI_{MEDIDA} / FI_{REFERENCIA})]$$

en la que:

cuando  $FI_{MEDIDA} / FI_{REFERENCIA}$  es de aproximadamente 0,8 a aproximadamente 1,0,  $\beta$  es aproximadamente 0,15;

5 cuando  $FI_{MEDIDA} / FI_{REFERENCIA}$  es de aproximadamente 1,0 a aproximadamente 1,2,  $\beta$  es aproximadamente 0,30;

cuando  $FI_{MEDIDA} / FI_{REFERENCIA}$  es de aproximadamente 1,2 a aproximadamente 1,5,  $\beta$  es aproximadamente 0,70;

cuando  $FI_{MEDIDA} / FI_{REFERENCIA}$  es mayor que aproximadamente 1,5,  $\beta$  es aproximadamente 1,5.

10 3. Un método para detectar y controlar las características del sistema de enfriamiento, comprendiendo el método las etapas de:

medir un caudal de purga del medio de enfriamiento; y

determinar una velocidad de alimentación de tratamiento X en base a la siguiente fórmula:

$$X = (\Omega) (\text{Caudal de purga del medio de enfriamiento}) / (K)$$

15 en la que X es una velocidad de alimentación de tratamiento de un compuesto de tratamiento,

$\Omega$  es una concentración deseada del compuesto, y

K es una constante;

20 medir una velocidad de corrosión  $CORR_{MEDIDA}$  del medio de enfriamiento de recirculación; determinando una velocidad de corrosión deseada  $CORR_{REFERENCIA}$  del medio de enfriamiento de recirculación; medir un Índice de Contaminación  $FI_{MEDIDO}$  del medio de enfriamiento de recirculación, en el que el Índice de Contaminación  $FI_{MEDIDO}$  se calcula de acuerdo con la fórmula:

$$FI_{MEDIDO} = (A) \{[(T_w - T_b) / \text{Power} - B]_c - [(T_w - T_b) / \text{Power} - B]_i\} + J$$

en la que

$$J = (C) [(T_b)_c - (T_b)_i] + (D) (F_c - F_i) + (E) (\text{POWER}_c - \text{POWER}_i)$$

25 F = caudal de la corriente del medio de enfriamiento a medida que se hace pasar sobre una superficie calentada,

A, B, C, D, E y J = factores de corrección,

Power = nivel de potencia asociado con la superficie calentada,

$T_b$  = es la temperatura fluida de masa en el medio de enfriamiento y

30  $T_w$  = temperatura de una pared entre una fuente de calor y la corriente del medio de enfriamiento,

i representa las lecturas iniciales, y

c representa las lecturas reales;

determinar un Índice de Contaminación deseado  $FI_{REFERENCIA}$  del medio de enfriamiento de recirculación;

35 en el que si  $COOR_{MEDIDO} > (G) CORR_{REFERENCIA}$ , en el que G es un factor de corrección, una velocidad de alimentación de un inhibidor de contaminación Z se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Z = (X) [1 + \beta (FI_{MEDIDO}/FI_{REFERENCIA})] + (\vartheta) (CORR_{MEDIDO}/(G) CORR_{REFERENCIA})$$

en la que  $\beta$  es un valor entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 8,0, y

40  $\vartheta$  es un valor entre aproximadamente 0,2 y aproximadamente 2, 0.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cuando  $CORR_{MEDIDO}/CORR_{REFERENCIA}$  es de aproximadamente 0,75 a aproximadamente 0,99,  $\alpha$  es aproximadamente 0,15.

5. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cuando  $CORR_{MEDIDO}/CORR_{REFERENCIA}$  es de aproximadamente 1,00 a aproximadamente 1,50,  $\alpha$  es aproximadamente 0,40.
6. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cuando  $CORR_{MEDIDO}/CORR_{REFERENCIA}$  es de aproximadamente 1,50 a aproximadamente 3,00,  $\alpha$  es aproximadamente 1,00.
- 5 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cuando  $CORR_{MEDIDO}/CORR_{REFERENCIA}$  es mayor que aproximadamente 3,00,  $\alpha$  es aproximadamente 2,00.
8. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que A está entre aproximadamente 0,002 y aproximadamente 1000, B está entre aproximadamente 0,167/F y aproximadamente 1/F, C es aproximadamente 0,321, D es aproximadamente 1,432 y E es aproximadamente 0.0665.
- 10 9. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que A es aproximadamente 400 y B es aproximadamente 0,25/F.
10. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que A está entre aproximadamente 0,002 y aproximadamente 1000, B está entre aproximadamente 1/F y aproximadamente 0,167/F, C es aproximadamente 0,321, D es aproximadamente 1,432, E es aproximadamente 0,0665 y G está entre aproximadamente 1,11 y aproximadamente 1,5.
- 15 11. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que A es aproximadamente 400, B es aproximadamente 0,25/F y G es aproximadamente 1,5.
12. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en la que K es aproximadamente 120.000 o aproximadamente 1.000.
- 20 13. Un aparato para detectar y controlar las condiciones en un sistema de enfriamiento, que comprende:
- medios para medir un caudal de purga del medio de enfriamiento; y
- medios para medir una velocidad de alimentación de tratamiento X en base a las siguiente fórmula:
- 25 
$$X = (\Omega) (\text{Caudal de Purga del Medio de Enfriamiento}) / (K)$$
- en la que X es una velocidad de alimentación de tratamiento de un compuesto de tratamiento,
- $\Omega$  es una concentración deseada del compuesto de tratamiento, y
- K es una constante;
- 30 medios para medir una velocidad de corrosión  $CORR_{MEDIDA}$  del medio de enfriamiento de recirculación;
- medios para determinar una velocidad de corrosión deseada  $CORR_{REFERENCIA}$  del medio de enfriamiento de recirculación; y
- medios para calcular una velocidad de alimentación de un inhibidor de corrosión Y de acuerdo con la siguiente fórmula:
- 35 
$$Y = (X) [1 + \alpha \text{ } CORR_{MEDIDA}/CORR_{REFERENCIA}]$$
- en la que  $\alpha$  es un valor entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 8,0.
14. Un aparato para detectar y controlar las condiciones en un sistema de enfriamiento, que comprende:
- medios para medir un caudal de purga del medio de enfriamiento; y
- 40 medios para medir una velocidad de alimentación de tratamiento X en base a la siguiente fórmula:
- $$X = (\Omega) (\text{Caudal de Purga del Medio de Enfriamiento}) / (K)$$
- en la que X es una velocidad de alimentación de tratamiento de un compuesto de tratamiento,
- $\Omega$  es una concentración deseada del compuesto de tratamiento, y
- 45 K es una constante;

medios para medir un Índice de Contaminación  $FI_{MEDIDO}$  del medio de enfriamiento de recirculación, en el que el Índice de Contaminación  $FI_{MEDIDO}$  se calcula de acuerdo con la fórmula:

$$FI_{MEDIDO} = (A) \{[(T_w - T_b) / Power - B]_c - [(T_w - T_b) / Power - B]_i\} + J$$

en la que

5  $J = (C) [(T_b)_c - (T_b)_i] + (D) (F_c - F_i) + (E) (POWER_c - POWER_i)$

F = caudal de la corriente del medio de enfriamiento a medida que se hace pasar sobre una superficie calentada,

A, B, C, D, E y J = factores de corrección,

Power = nivel de potencia asociado con la superficie calentada,

10  $T_b$  = es la temperatura fluida de masa del medio de enfriamiento

$T_w$  = es la temperatura de una pared entre una fuente de calor y la corriente del medio de enfriamiento,

i representa las lecturas iniciales, y

c representa las lecturas reales;

15 medios para determinar un Índice de Contaminación deseado  $FI_{REFERENCIA}$  del medio de enfriamiento de recirculación;

medios para calcular una velocidad de alimentación de un inhibidor de contaminación Z de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Z = (X) [1 + \beta (FI_{MEDIDO}/FI_{REFERENCIA})]$$

20 en la que:

cuando  $FI_{MEDIDO}/FI_{REFERENCIA}$  es de aproximadamente 0,8 a aproximadamente 1,0,  $\beta$  es aproximadamente 0,15;

cuando  $FI_{MEDIDO}/FI_{REFERENCIA}$  es de aproximadamente 1,0 a aproximadamente 1,2,  $\beta$  es aproximadamente 0,30;

25 cuando  $FI_{MEDIDO}/FI_{REFERENCIA}$  es de aproximadamente 1,2 a aproximadamente 1,5,  $\beta$  es aproximadamente 0,70;

cuando  $FI_{MEDIDO}/FI_{REFERENCIA}$  es mayor que aproximadamente 1,5,  $\beta$  es aproximadamente 1,5.

30 15. Un aparato para detectar y controlar las condiciones en un sistema de enfriamiento, que comprende:

medios para medir un caudal de purga del medio de enfriamiento; y

medios para medir una velocidad de alimentación de tratamiento X en base a la siguiente fórmula:

$$X = (\Omega) (\text{Caudal de Purga del Medio de Enfriamiento}) / (K)$$

35 en la que X es una velocidad de alimentación de tratamiento de un compuesto de tratamiento,

$\Omega$  es una concentración deseada del compuesto de tratamiento, y K es una constante;

40 medios para medir una velocidad de corrosión  $CORR_{MEDIDA}$  del medio de enfriamiento de recirculación; medios para determinar una velocidad de corrosión deseada  $CORR_{REFERENCIA}$  del medio de enfriamiento de recirculación; medios para medir un Índice de Contaminación  $FI_{MEDIDO}$  del medio de enfriamiento de recirculación, en el que el Índice de Contaminación  $FI_{MEDIDO}$  se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$FI_{MEDIDO} = (A) \{[(T_w - T_b) / Power - B]_c - [(T_w - T_b) / Power - B]_i\} + J$$

en la que

$J = (C) [(T_b)_c - (T_b)_i] + (D) (F_c - F_i) + (E) (POWER_c - POWER_i)$

F = caudal de la corriente del medio de enfriamiento a medida que se hace pasar sobre una superficie calentada,

A, B, C, D, E y J = factores de corrección,

Power = nivel de potencia asociado con la superficie calentada,

5  $T_b$  = es la temperatura fluida de masa del medio de enfriamiento

$T_w$  = es la temperatura de una pared entre una fuente de calor y la corriente del medio de enfriamiento,

i representa las lecturas iniciales, y

c representa las lecturas reales;

10 medios para determinar un Índice de Contaminación deseado  $FI_{REFERENCIA}$  del medio de enfriamiento de recirculación;

en el que si  $CORR_{MEDIDA} > (G) CORR_{REFERENCIA}$ , en el que G es un factor de correlación, el medio para determinar una velocidad de alimentación de tratamiento determina una velocidad de alimentación de un inhibidor de contaminación Z de acuerdo con la siguiente fórmula:

15 
$$Z = (X) [1 + \beta (FI_{MEDIDO}/FI_{REFERENCIA})] + (\vartheta) (CORR_{MEDIDO}/(G) CORR_{REFERENCIA})$$

en la que  $\beta$  es un valor entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 8,0, y

$\vartheta$  es un valor entre aproximadamente 0,2 y aproximadamente 2,0.

16. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en el que A está entre aproximadamente 0,002 y aproximadamente 1000, B está entre aproximadamente 0,167/F y aproximadamente 1/F, C es aproximadamente 0,321, D es aproximadamente 1,432 y E es aproximadamente 0,0665.

17. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en el que A es aproximadamente 400 y B es aproximadamente 0,25/F.

18. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 15, en el que A está entre aproximadamente 0,002 y aproximadamente 1000, B está entre aproximadamente 0,167/F y aproximadamente 1/F, C es aproximadamente 0,321, D es aproximadamente 1,432, E es aproximadamente 0,0665 y G está entre aproximadamente 1,11 y aproximadamente 1,5.

19. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 15, en el que A es aproximadamente 400, B es aproximadamente 0,25/F y es aproximadamente 1,5.

20. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 13, en el que K es aproximadamente 120.000 o aproximadamente 1.000.

