



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 341 370**

51 Int. Cl.:
C02F 3/12 (2006.01)
C02F 1/78 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07004391 .4**
96 Fecha de presentación : **02.03.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1905743**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.04.2008**

54 Título: **Sistema y método para eliminar el lodo mediante azonación.**

30 Prioridad: **29.09.2006 US 541100**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.06.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.06.2010

73 Titular/es: **PRAXAIR TECHNOLOGY, Inc.**
39 Old Ridgebury Road
Danbury, Connecticut 06810-5113, US

72 Inventor/es: **Fabiyi, Malcolm Ezekiel y**
Novak, Richard A.

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 341 370 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

Sistema y método para eliminar el lodo mediante ozonación.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a métodos y sistemas para el tratamiento de lodos activados y, más particularmente, a la utilización de ozono para la reducción de biosólidos en el proceso de tratamiento de lodos activados.

10 **Antecedentes**

Los tradicionales métodos de tratamiento de aguas residuales suponen transportar corrientes de aguas residuales en contacto con bacterias en un proceso de tipo aeróbico o anaeróbico que se conoce como tratamiento de lodos activados. Estas bacterias consumen partes del material sustrato o residuo contenido en el agua residual, que son compuestos típicamente orgánicos que contienen carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y otros por el estilo. Típicamente, una parte del residuo se consume para favorecer el metabolismo de las células bacterianas o mantener el funcionamiento fisiológico de las células bacterianas. Además, una parte del residuo se consume también como parte del proceso de síntesis de nuevas células bacterianas. El proceso de tratamiento de lodo activado produce una cierta cantidad de lodo y sólidos asociados que deben ser eliminados continuamente del depósito de tratamiento para mantener el resto de lodo en estado estacionario que es crítico para el funcionamiento eficaz del sistema de tratamiento de lodos activados.

Para mantener la capacidad de eliminación de residuo de la planta de tratamiento en estado estacionario es importante controlar la generación de nuevas células bacterianas dentro del proceso de tratamiento de lodos activados. Demasiada síntesis de nuevas células bacterianas en exceso de la que se requiere para el tratamiento del residuo en o cerca del estado estacionario da como resultado un exceso de formación de biosólidos atribuible a la acumulación o de sintetizados recientes o de células bacterianas innecesarias. Este exceso de biosólidos debe ser continuamente eliminado durante el proceso de tratamiento de lodos activados.

Los métodos actuales para “tomar medidas respecto a” la eliminación de lodos incluye transportar el lodo a vertederos públicos, utilización del lodo para aplicaciones en el terreno o con fines agrícolas, e incineración del lodo. La mayor parte de las operaciones de eliminación del lodo requieren algún tratamiento previo del lodo; un proceso conocido en la técnica como transporte de sólidos. Los procesos de transporte de los sólidos son a menudo operaciones costosas y que consumen tiempo y que típicamente suponen una o más de las siguientes etapas: (a) la concentración de los lodos en el espesante, que requiere normalmente el uso de polímeros; (b) digestión del lodo para estabilizar las bacterias y reducir además el volumen y el contenido patógeno del lodo; (c) desaguado del lodo para alcanzar aproximadamente un 15-25% del contenido de sólidos; que supone el paso del lodo a través de centrifugas u otros dispositivos del tipo de separación sólido-líquido; (d) almacenamiento del lodo; y (e) transporte a vertederos, aplicación en el terreno de granjas u otros usos finales.

Se estima que los costes asociados con los procesos de transporte y de separación de sólidos pueden ser un 20-60% de los costes totales de operación asociados con el proceso de tratamiento global de aguas residuales. Debido al coste y al tiempo asociado con la manipulación y separación de sólidos, es beneficioso minimizar la cantidad de exceso de lodo producida en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

En los sistemas y métodos convencionales de tratamiento de lodos activados, el oxígeno se requiere tanto para la oxidación química del material sustrato (es decir, el residuo) así como para la síntesis de nuevas células y proceso metabólicos de las células bacterianas. También se ha informado del uso de ozono además de oxígeno para el tratamiento de lodos. Más particularmente, se ha informado del tratamiento de ozono del lodo en combinación con agitadores mecánicos y/o una bomba que proporciona el mezclado motriz. El contacto lodo-ozono ocurre típicamente en un modo de reacción del tanque agitado de forma continua (CSTR, en inglés) y la lisis (ruptura de la integridad de la pared celular) resulta como una consecuencia de la fuerte acción oxidante del ozono sobre las paredes celulares. *Un ejemplo de un sistema de reacción en tanque agitado de forma continua (CSTR) se muestra en EP-A-0 881 195.* La lisis conduce a la liberación del contenido celular rico en sustrato de las células bacterianas. De esta manera, las células sólidas que, de otro modo, habrían sido descartadas como lodo en exceso son lisadas, y por ese hecho, son transformadas en sustrato que puede ser consumido por las bacterias en el depósito de tratamiento.

El contenido celular es una matriz líquida que está constituida por proteínas, lípidos, polisacáridos y otros azúcares, ADN, ARN e iones orgánicos. Debido a la baja selectividad que tiene lugar cuando el contacto entre ozono y lodo se lleva a cabo en un modo de reactor agitado de forma continua, se consumen cantidades excesivas de ozono se consumen usando métodos previos para la ozonación del lodo. Además, algunos usos informados previos del ozono requerían el pretratamiento especializado o la modificación del lodo. Tales pretratamientos y modificaciones pueden incluir ajustar el pH del lodo, incrementar la temperatura del lodo, incrementar la presión del recipiente de tratamiento del ozono, o pasar el lodo a través de etapas de predigestión anaeróbica. Así, el uso previo de ozono en el tratamiento del lodo suponía una complejidad adicional, materiales, equipo y costes incrementados asociados con ello.

El documento JP 09 150182 A describe un sistema de ozonación de aguas residuales que usa un tanque de aireación que es un reactor de tipo gasto tipo pistón, en el que el ozono es inyectado aguas arriba y separado del tanque de aireación.

ES 2 341 370 T3

Se conocen tres métodos principales de sistemas de reacción, siendo estos el sistema de Reactor en Tanque Agitado de Forma Continua (CSTR), el Reactor de Gasto Tipo Pistón de Selectividad Superior (PFR) y el Sistema de Reactor por Lotes (BRS). La mayor diferencia entre los diferentes modos del reactor estriba fundamentalmente en: (i) la cantidad media de tiempo que una molécula está dentro del espacio de reacción, también conocida como distribución del tiempo de permanencia; (ii) la interacción entre “parcelas” de reacción, por ejemplo, hay un retromezclado significativo en el CSTR, mientras que el PFR se caracteriza por un retromezclado, si acaso, muy limitado; y (iii) el rendimiento obtenido. Los Sistemas de Reactor por Lotes se aplican típicamente a operaciones de tratamiento de aguas residuales a pequeña escala.

10 Sumario de la invención

La invención es un sistema de tratamiento de lodos como se define en la reivindicación 1. La invención además es un método de reducción de lodo como se define en la reivindicación 12.

15 Breve descripción de los dibujos

El anterior y otros aspectos, características, y ventajas de la presente invención será más evidente de la siguiente y más detallada descripción de la misma, presentada junto con los siguientes dibujos, en los que:

20 La Figura 1 es una representación esquemática de un sistema de tratamiento de lodos activados que incorpora una realización del presente sistema y proceso de ozonación de lodo;

La Figura 2 es un gráfico que representa el comportamiento en funcionamiento de un proceso de tratamiento del exceso de lodos de acuerdo con las realizaciones descritas actualmente;

25 La Figura 3 es una representación esquemática de una realización alternativa del presente sistema y proceso de ozonación del lodo en el que el gas enriquecido en ozono se introduce en múltiples posiciones dentro del reactor de ozonación del lodo;

30 La Figura 4 es una representación esquemática de otra realización alternativa del presente sistema de ozonación de lodo en el que la tubería de descarga del reactor de ozonación de lodo se acopla a algún otro proceso de postratamiento del lodo aguas abajo del reactor;

35 La Figura 5 es una representación esquemática de todavía otra realización alternativa del presente sistema de ozonación del lodo en el que el sistema de inyección del gas enriquecido en ozono inyecta el gas enriquecido en ozono en o cerca de la bomba asociada con el reactor de ozonación del lodo;

La Figura 6 es todavía otra realización del presente sistema y proceso de ozonación de lodo en el que el lodo es preprocesado antes del reactor de ozonación del lodo;

40 La Figura 7 es todavía otra realización alternativa del presente sistema de ozonación de lodo en el que el contacto gas-líquido entre el gas enriquecido en ozono y la corriente de líquido ocurre aguas arriba del reactor de ozonación de lodos; y

45 La Figura 8 es todavía otra realización del presente sistema de ozonación de lodo en el que la corriente de líquido tratada es una corriente de aguas madres mixtas desde el depósito del lodo activado.

Los números de referencia correspondientes indican componentes correspondientes a través de las diversas vistas de los dibujos.

50 Descripción detallada

En sistemas y métodos convencionales de tratamiento de lodos activados, el oxígeno se requiere tanto para la oxidación química del material sustrato como para la síntesis de nuevas células y procesos metabólicos de las células bacterianas. El requerimiento de oxígeno para la oxidación química del material sustrato en el proceso de tratamiento se refiere a menudo a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) mientras los requisitos de oxígeno para la separación del sustrato vía el consumo de sustrato para síntesis de nuevas células y el mantenimiento de procesos metabólicos de las células bacterianas se denomina como Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).

60 La Figura 1 muestra una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento de lodos activados (10) que incorpora una realización del presente sistema de ozonación de lodos (12). Como se ve en dicho lugar, el típico sistema de tratamiento de lodos activados típico (10) incluye un conducto de admisión (14) adaptado para recibir aguas residuales, varios dispositivos de preprocesado (16) y un depósito del lodo activado (20), uno o más aclaradores (22) adaptados para separar el líquido limpiado del lodo acumulado, un conducto de salida (24) para transportar el líquido limpiado a una tubería de descarga (23), una tubería de evacuación de lodo activado (26) y una tubería de retorno de lodo activado (RAS) (28) adaptada para transportar y devolver el lodo al depósito del lodo activado (20). También se muestra un digestor (25) y un dispositivo de desaguado (27). A diferencia de los sistemas previos de la técnica, donde los biosólidos se incluyen como parte del lodo activado de evacuación (WAS). Los biosólidos son transportados también a lo largo de la tubería RAS (28) de los clarificadores (22) al depósito (10) del lodo activado. A lo largo del recorrido,

ES 2 341 370 T3

una cantidad prescrita del líquido que incluye el lodo y biosólidos se desvía al reactor de ozonación de lodo (30) para la ozonación. Sin embargo, la corriente desviada no necesita ser tratada ni modificada antes de entrar en el reactor (30). El presente sistema de ozonación de lodo (12) y el proceso suponen el uso de un reactor (30) diseñado para mantener la realización de un esquema de reacción de alta selectividad acoplado operativamente a la tubería RAS (28). El reactor (30) es un reactor de gasto tipo pistón que toma una corriente lateral (32) de la tubería de RAS (28).

El caudal total de volumen de lodo a través del reactor de gasto tipo pistón (30) oscila, preferiblemente, desde aproximadamente 1 vez el caudal volumétrico equivalente del lodo activado de evacuación (WAS) hasta aproximadamente 40 veces el caudal volumétrico equivalente del lodo activado de evacuación (WAS). Este intervalo de entre aproximadamente 1 a 40 veces el flujo volumétrico equivalente del lodo activado residual (WAS) establece en parte, la relación óptima de gas a líquido dentro del reactor de gasto tipo pistón (30). Preferiblemente, la relación de gas a líquido debería ser menor que o igual a 1,0. El caudal volumétrico total de lodo es ajustable y es preferiblemente controlado junto con el flujo de gas enriquecido en ozono y la concentración de ozono en el flujo de gas enriquecido en ozono en el reactor de gasto tipo pistón, para lograr el nivel deseado de reducción en biosólidos mientras se minimiza la administración de ozono requerido.

Como se ve en la Figura 1, la corriente lateral (32) de lodo desviado se pasa a través de una bomba (34) a un reactor de ozonación de lodos mostrado como el reactor de gasto tipo pistón (30). El reactor de gasto tipo pistón incluye una longitud suficiente de la tubería (36) que es adecuado para asegurar la disolución eficaz del ozono y la reacción del ozono con los biosólidos. Las realizaciones ilustradas incluyen también uno o más sistemas de inyección de gas (40) a través del cual un gas enriquecido en ozono se introduce en el reactor de gasto tipo pistón (30). Los sistemas inyectoros de gas preferidos (40) comprenden una fuente de gas enriquecido en ozono y una o más toberas o dispositivos de tipo venturi (42) para inyectar el gas enriquecido en ozono en el lodo. Preferiblemente, la fuente de gas enriquecido en ozono es un generador de ozono (44) acoplado a una fuente o suministro de gas oxígeno (no mostrado). Alternativamente, la corriente de gas enriquecida en ozono (46) puede ser suministrada desde sistemas *in situ* de almacenamiento. Preferiblemente, la concentración deseada de ozono es mayor que o igual al 6%. En sí, se prefieren concentraciones superiores de ozono, las concentraciones superiores ayudan a asegurar que la relación gas a líquido en el contactor de lodo se mantenga dentro de un intervalo óptimo.

El gas enriquecido en ozono se suministra, preferiblemente, a la realización ilustrada a presiones nominales y, típicamente, presiones inferiores que las presiones de funcionamiento dentro de la parte de los dispositivos de inyección próximos (42) del reactor de gasto tipo pistón (30). De esta manera, el gas enriquecido en ozono es ingerido en y a través de los dispositivos de inyección (42) mediante una embutición en vacío generada por la caída de presión a través de los dispositivos de inyección (42). Sin embargo, un experto en la técnica puede apreciar realizaciones en las que el gas enriquecido en ozono se suministra a presiones superiores a la presión dentro del reactor de gasto de tipo pistón (30) u otro recinto que ponga en contacto el gas-líquido.

El sistema inyector de gas (40) incluye también unos medios o mecanismos de control adecuados (no mostrados) que permite el control operativo de la velocidad de inyección, temporizado y volumen de gas enriquecido en ozono. El control de la velocidad de inyección del gas, temporizado de inyección y volumen del gas enriquecido en ozono se establece como diana para proporcionar el contacto eficaz gas-líquido y fomentar una disolución óptima del ozono en la corriente de líquido que fluye a través del reactor de gasto tipo pistón (30). Más particularmente, el control del sistema de inyección de gas se ajusta, preferiblemente, para estar dentro de un intervalo prescrito de relación del flujo de gas a flujo de líquido, en el que el flujo de gas es comprobado desde la velocidad de inyección, temporizado y volumen de gas a través de los dispositivos de inyección (42) y el flujo de líquido representa el flujo de lodo a través del reactor de gasto tipo pistón (30). El intervalo preferido de relaciones gas a líquido es menor que o igual que aproximadamente 1,0. Esta relación gas a líquido asegura que el gas u ozono se dispersa adecuadamente en el líquido y asegura, además, que no hay un exceso de gas en la mezcla de fluido. Se minimiza un excesivo retromezclado y batido. De forma más importante, la relación anteriormente descrita gas a líquido junto con otras características de flujo relacionadas trabaja para minimizar el excesivo retromezclado y batido así como evitar la estratificación de los flujos respectivos.

Habiendo pasado a través del reactor de gasto tipo pistón (30), el lodo ozonado se devuelve a la tubería RAS (28) de la planta mediante una tubería de retorno (50). Alternativamente, la corriente de lodo o líquido ozonado que sale del reactor de gasto tipo pistón (30) puede ser devuelta al depósito de lodo activado (20) en una tubería separada del resto del flujo de RAS o puede ser devuelta a una parte diferente de la planta de tratamiento de aguas residuales. Generalmente, si el flujo principal de RAS se lleva a un depósito anóxico o anaerobio, entonces puede ser preferible para el lodo ozonado (que es ahora también altamente oxigenado) para ir a un depósito óxico o aerobio. De otro modo, el contenido en oxígeno del lodo ozonado puede alterar las condiciones requeridas en las etapas anóxicas o anaerobias.

Al final de la tubería RAS (28) o de la tubería de retorno (50) está un mecanismo eyector opcional, eductor, o disposición de la tobera de salida (no mostrada) adaptada para devolver el lodo ozonado a la superficie o a una profundidad suficiente en el depósito de lodo activado (20) y asegurar un buen mezclado del lodo ozonado con el líquido a granel en el depósito de lodo activado (20). La disposición del mecanismo eyector o de la tobera de salida (que no se muestra) sirve también para fomentar la recuperación de oxígeno en el proceso anteriormente identificado.

Los principios de funcionamiento detrás del sistema descrito de tratamiento de ozonación de lodo implican el contacto de los biosólidos y del ozono disuelto en un reactor de gasto tipo pistón, en el que tiene lugar el contacto

ES 2 341 370 T3

primario y la reacción del oxidante (ozono disuelto) y los biosólidos. El presente proceso requiere el contacto eficaz gas-líquido entre la corriente líquida de lodo o de las aguas madres mixtas y un gas enriquecido en ozono para fomentar la disolución eficaz del ozono en la corriente de líquido. El contacto eficaz gas-líquido se logra con reactores de gasto tipo pistón y técnicas de inyección de gas enriquecido en ozono apropiadamente diseñadas.

En la reacción entre el gas enriquecido en ozono y los biosólidos en el reactor de gasto de tipo pistón, las paredes celulares de las células bacterianas son quebrantadas como resultado de la oxidación química inducida por ozono de las paredes celulares de las bacterias. Esta ruptura de las paredes celulares bacterianas se conoce como lisis y conduce a la liberación del contenido celular de las células bacterianas. El contenido celular es, generalmente, una matriz líquida que está constituida por proteínas, lípidos, polisacáridos y otros azúcares, ADN, ARN e iones orgánicos. Como resultado de la lisis, las células sólidas de los biosólidos que, de otra manera, se habrían acumulado y descargado en los procesos de manipulación de sólidos, se transforman en componentes de sustrato (DQO) y posteriormente se consumen por las bacterias en el depósito de tratamiento de lodos activados.

Un reactor de gasto tipo pistón se usa para lograr una gran selectividad de la reacción de lisis proporcionando un intervalo estrecho de tiempo de contacto entre las células bacterianas o biosólidos en exceso y ozono disuelto, de manera que el ozono se usa, sólo o predominantemente, en el proceso de oxidación que conduce a la lisis de células bacterianas ("reacción primaria"). Idealmente, la administración de ozono y el tiempo de contacto gas-líquido está limitado para no oxidar adicionalmente los contenidos celulares ("reacciones secundarias"). Esto prevé el más eficaz uso de ozono, que conduce a la máxima reducción de lodo con la mínima administración de ozono. El tiempo de contacto preferido oscila entre aproximadamente 10 y 60 segundos.

La dosificación de ozono ingerido en el lodo se controla también tanto por ajustes en la concentración de ozono en el flujo de gas o por ajustes en el caudal del gas enriquecido en ozono inyectado en el lodo o ambos. El control de la dosificación de ozono está establecida como diana para lograr la actividad de lisis celular deseada con el mínimo empleo de ozono.

Volviendo ahora a la Figura 2, se ha ilustrado un gráfico que representa el comportamiento en funcionamiento de un proceso de tratamiento de lodo activado con ozonación de lodo en el reactor de gasto tipo pistón de acuerdo con las realizaciones descritas si se comparan con un proceso de reducción de lodo como se enseña en la técnica anterior que comprende un proceso de tratamiento de lodo activado con ozonación aplicada en un modo de reacción agitada en continuo a una parte del RAS, que luego se devuelve directamente al depósito de lodo activado. En ambos ejemplos se aplica el mismo caudal de ozono. Como se ve en dicho lugar, el perfil de mayor pendiente de la curva (60) asociado con el presente proceso de ozonación indica una velocidad más rápida a la que el proceso de lisis tiene lugar y una reducción o eliminación realizada global de sólidos por unidad de ozono aplicado. Aproximadamente 1.600 mg/l de sólidos son eliminados dentro de los primeros 40 minutos usando el proceso de ozonación presente como se representa mediante la curva (60) comparada con aproximadamente 400 mg/l de sólidos separados usando el proceso de ozonación convencional como se representa mediante la curva (62), con la misma dosificación total de ozono aplicado en ambos casos.

La Tabla 1 muestra otra comparación de la producción de biosólidos en unas instalaciones de tratamiento de aguas residuales usando el proceso de ozonación anteriormente descrito con producción de biosólidos en la misma instalación de tratamiento de aguas residuales sin el uso del presente reactor de ozonación de lodo y del proceso asociado.

También, la Tabla 2 muestra una comparación del comportamiento de reducción de lodos del sistema de ozonación de lodos descrito actualmente y el proceso a otros diversos ejemplos de ozonación de lodos informado. Como se ve en dicho lugar, el Factor de Eliminación (es decir, los kilogramos del Lodo Total eliminados por kilogramo de Ozono usado) del sistema de ozonación de lodo descrito actualmente supera con mucho el Factor de Eliminación aparente de los sistemas descritos en la documentación de la técnica anterior.

TABLA 1

Reducción de Biosólidos

| | Sin Sistema de Ozonación | Con Sistema de Ozonación |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| DQO Eliminada (por día) | 10.000 kg | 10.000 kg |
| Ozono Consumido (por día) | 0 kg | 70 kg |
| Velocidad de producción de Biosólidos (SS) | 0,35 kg SS/kg DQO | 0,21 kg SS/kg DQO |
| Biosólidos producidos (SS) | 3.500 kg | 2.100 kg |
| Dosificación de Ozono (kg de ozono/kg de SS reducido) | 0 | 0,05 |
| % de Biosólidos Reducidos | 0% | 40% |

ES 2 341 370 T3

| | | |
|---------------------------------------------------|---|----|
| Relación - kg de Biosólidos Reducidos/kg de Ozono | 0 | 20 |
|---------------------------------------------------|---|----|

5

TABLA 2

Comparaciones de los Sistemas de Reducción de Lodos

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

| Referencia | Dosificación de Ozono (kg de Ozono por kg de Lodo Tratado) | Consumo de Ozono (kg de Ozono por kg de Lodo Reducido) | Factor de Eliminación (kg de Lodo Reducido por kg de Ozono) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Yasui et al. (1996) Wat. Sci. Tech (3-4) págs. 395-404 | 0,05 | 0,165 | 6,06 |
| Sakai et al. (1997) Wat. Sci. Tech 36 (11) págs. 163-170 | NR | 0,133 | 7,52 |
| Sakai et al. (1997) Wat. Sci. Tech 36 (11) págs. 163-170 | NR | 0,148 | 6,76 |
| Sakai et al. (1997) Wat. Sci. Tech 36 (11) págs. 163-170 | 0,034 | 0,178 | 5,62 |
| Kobayashi et al. 2001) Proceedings of the 15th Ozone World Conference, Londres | NR | 0,250 | 4,00 |
| Sievers et al. (2003) Proc. of the 3 rd Conf for Water and Wastewater Treatment, Goslar | 0,05 | 0,395 | 2,53 |

ES 2 341 370 T3

| | | | |
|--------------------------------------------|------------|-------|-------|
| Sistema Actual de Ozonación de Lodos | 0,003-0,01 | 0,050 | 20,00 |
|--------------------------------------------|------------|-------|-------|

5

10 Las Figuras 3-8 ilustran realizaciones alternativas del presente proceso de tratamiento del lodo. En particular, la Figura 3 ilustra una realización del proceso de tratamiento de lodos en el que el gas enriquecido en ozono se inyecta o, de otra manera, se introduce en múltiples posiciones en o próximo al reactor de gasto tipo pistón (30). La inyección en puntos múltiples puede ser beneficiosa para controlar de forma más precisa o lograr un contacto mejorado gas-líquido que necesita ocurrir en el reactor de gasto tipo pistón (30).

15

La Figura 4 también ilustra otra realización del presente sistema y proceso de tratamiento del lodo en el que la tubería de retorno (50) del reactor de gasto tipo pistón (30) no se devuelve directamente al depósito de lodo activado (20), sino más bien a algún otro proceso de postratamiento aguas abajo del reactor de gasto tipo pistón (30) tal como un digestor, una unidad de estabilización de lodo o un depósito de tratamiento secundario (70).

20

La Figura 5 ilustra una realización del actual sistema y proceso de tratamiento de lodos en el que el reactor de gasto tipo pistón (30) incluye una bomba (34) y un sistema de inyección de gas enriquecido (40) adaptado para inyectar el gas enriquecido en ozono en o cerca de la bomba (34).

25

La Figura 6 ilustra todavía otra realización del sistema de ozonación del lodo (12) en el que el lodo para el tratamiento en el reactor de gasto tipo pistón (30) es preprocesado mediante un espesante de lodo u otro dispositivo para la concentración de sólidos (80). Alternativamente, el lodo que va a ser desviado al reactor de gasto de tipo pistón (30) puede ser diluido con agua (que no se muestra) para producir una corriente de líquido con una menor concentración de sólidos que entra en el reactor de gasto tipo pistón (30).

30

Todavía otra técnica de preprocesado o pretratamiento que puede ser empleada con las realizaciones descritas de la invención supone pasar el lodo a través de un digestor u otros medios para la estabilización del lodo o para la manipulación de los sólidos antes de la desviación al reactor de gasto tipo pistón. Todavía otras técnicas de pretratamiento de lodo compatibles con el actual sistema y proceso de ozonación de lodo incluiría la adición de agentes solubilizantes al lodo, aplicación de ondas ultrasónicas, homogeneización y otros medios de mezclado o agitación. También puede utilizarse el empleo de agentes químicos que facilitan la lisis de las células bacterianas o realzan la capacidad para la digestión de los lodos.

35

La Figura 7 ilustra una realización del actual sistema de ozonación del lodo (12) y un método en el que el contacto inicial gas-líquido entre el gas enriquecido en ozono y la corriente de líquido tiene lugar aguas arriba del reactor de gasto tipo pistón (30) y/o en la tubería del RAS (28). En la realización ilustrada, un dispositivo contactor de gas-lodo (82) tal como rociadores, difusores, dispositivos venturi o toberas de mezclado de alta velocidad está dispuesto aguas arriba del reactor de gasto tipo pistón (30). El dispositivo contactor de gas-lodo (82) descarga la mezcla en el reactor de gasto tipo pistón (30) en el que tiene lugar la lisis de las células bacterianas y las otras reacciones.

45

En aquellas realizaciones del actual sistema y proceso de ozonación del lodo en el que tiene lugar el contacto inicial gas-líquido en la tubería RAS (28) o aguas arriba del reactor de gasto tipo pistón (30), el gas enriquecido en ozono puede ser suministrado al espacio de cabeza por encima de la corriente de líquido o puede ser suministrado bajo presión a una zona de mezclado prescrita en una orientación prescrita respecto a la corriente de líquido (por ejemplo, la zona de impulsión de un dispositivo contactor gas-lodo agitado mecánicamente o dispositivos de inyección tales como toberas, rociadores, y difusores que están orientados en un ángulo y distancia prescritos enfrente de la superficie del líquido).

50

La Figura 8 representa unas realizaciones alternativas en las que el fluido tratado no es una corriente derivada clarificadora ni desviada, de otro modo, a partir del RAS sino más bien es "un fluido de aguas madres mixtas" extraído por la tubería 39 del depósito aireado 29.

55

Para sistemas de tratamiento de lodo activado que emplean una configuración de biorreactor de membrana, la disposición alternativa implicaría el uso de un clarificador y en su lugar usaría una unidad de membrana polimérica o cerámica (no mostrada) acoplada al reactor de gasto tipo pistón (30). En tal disposición, el reactor de gasto tipo pistón trataría con ozono una corriente de líquido de tipo "aguas madres mixtas".

60

La ozonación eficiente y a un coste eficaz del lodo en las realizaciones anteriormente descritas requiere la presencia de tres condiciones de proceso (i) el uso de ozono predominantemente para la lisis o ruptura de las células, es decir, lograr una gran selectividad de la reacción de lisis; (ii) limitar la exposición de las células lisadas total o parcialmente a una zona adicional dentro del reactor, a medida que éste pueda conducir a la completa liberación de los contenidos celulares en el reactor y la costosa oxidación química posterior de los sustratos liberados por el ozono adicional, más

65

ES 2 341 370 T3

que mediante la opción mucho más barata de bio-oxidación de los sustratos liberados por las células bacterianas en el depósito de lodo activado; y (iii) la realización de un intervalo muy estrecho de las distribuciones de tiempo de permanencia para las células bacterianas dentro del reactor.

5 Mediante el uso de un procedimiento de reacción de gasto tipo pistón, todas estas deseadas condiciones de proceso pueden ser realizadas dentro del reactor o contactor. El procedimiento de la reacción de gasto tipo pistón se logra específicamente diseñando para que tenga lugar un flujo lodo-ozono con un retromezclado mínimo y para que tenga lugar dentro de una configuración principalmente tubular. Específicamente, las realizaciones ilustradas tienen un tiempo de permanencia prescrito o controlado y el logro de gran selectividad de la reacción de lisis. En las realizaciones
10 anteriormente descritas, una reacción de gasto tipo pistón se usa para lograr una gran selectividad de la reacción de lisis para mantener un estrecho intervalo de tiempo de contacto entre células y ozono disuelto (es decir, una estrecha distribución de tiempo de permanencia), de manera que el ozono se usa solo para las reacciones que conducen a la lisis celular (“reacciones primarias”), y de manera que la ozonación no continúe de manera que oxide más los contenidos celulares (“reacciones secundarias”) ni oxide los productos de las reacciones primarias (“reacciones terciarias”). Esto
15 mantiene el más eficaz uso de ozono, que conduce a la máxima reducción de biosólidos o de lodos con la mínima dosificación de ozono.

Como se describe con respecto a las realizaciones ilustradas, una o una multiplicidad de puntos de inyección de gas se emplean para igualar la velocidad de ozono suministrada para disolución a la velocidad de reacción de biosólidos
20 con el ozono disuelto junto a la longitud prescrita o a la duración prescrita del reactor de gasto tipo pistón. Esto evita el suministro máximo o mínimo de ozono, fomentando el uso eficiente de ozono para la lisis celular mientras se evita el uso de ozono para la oxidación de los contenidos celulares.

25 **Aplicabilidad Industrial**

En la utilización de las realizaciones actualmente descritas del actual proceso de tratamiento de lodos, es deseable controlar parámetros seleccionados, a través del diseño del sistema o en el funcionamiento del sistema. Preferiblemente, la velocidad de ozono suministrado para disolución está relacionado con la velocidad de reacción de los biosólidos con el ozono disuelto a lo largo de la longitud del reactor de gasto tipo pistón. Esta correlación del suministro de ozono con la velocidad de la reacción de biosólidos dentro del reactor de gasto tipo pistón evita un supersuministro o un
30 suministro insuficiente de ozono y fomenta, por tanto, el uso eficaz de ozono para la lisis celular bacteriana mientras se evita el uso de gas ozono para las reacciones secundarias.

El reactor de gasto tipo pistón con inyección de ozono se diseña y se hace funcionar de una manera tal que un
35 único paso de lodo a través del reactor de gasto tipo pistón logre una casi completa y sustancialmente uniforme lisis de las células bacterianas innecesarias o en exceso. Preferiblemente, variando el volumen de lodo que se desvía y procesa a través del reactor de gasto tipo pistón, gestionando estrechamente la distribución del tiempo de permanencia, o variando la dosificación de ozono, es posible controlar la cantidad de lodo que se reduce. Alternativamente, el reactor de gran selectividad puede diseñarse y hacerse funcionar de una manera en la que se requieran varios pasos a través del reactor para lograr la deseada eliminación del lodo. También, ya que el tiempo de permanencia obtenido en un Sistema de Reactor por Lotes se controla dentro de un estrecho intervalo como con el reactor de gasto tipo pistón, es posible lograr una buena selectividad de la reacción con un reactor por lotes en lugar de un reactor de gasto tipo pistón.

45 Valores típicos para la relación Alimento-Microorganismo (F/M), es decir, la relación de los gramos de material sustrato que entran en el depósito de lodo activado en una base diaria comparado con la cantidad en gramos de células bacterianas en el depósito de lodo activado, oscila desde aproximadamente 0,04 a 2,0 gramos de material de sustrato por día/gramo de células bacterianas, dependiendo del tipo del proceso de lodo activado que se utiliza. Del mismo modo, la producción de las células bacterianas recién sintetizadas siguiendo el consumo bacteriano del material sustrato es de aproximadamente 0,2 a 0,6 kg de biosólidos por kg de material sustrato consumido. Así, usando el
50 actual proceso para ozonación de lodo, uno modelaría o determinaría empíricamente la cantidad del lodo que ha de ser desviada al reactor de gasto tipo pistón, el tiempo de permanencia y la cantidad de ozono que se necesita inyectar en el reactor para reducir entre aproximadamente 0,2 a 0,6 kg de lodo regula la masa media (en kg) de nuevo material sustrato introducido en el depósito de lodo activado por día. Desde un punto de vista económico, se puede calcular el
55 ahorro de costes de eliminación de la manipulación de sólidos asociado con el volumen de biosólidos frente al coste del ozono consumido en el proceso.

Los métodos anteriormente identificados y los sistemas para el tratamiento del lodo usando ozono pueden ser utilizados solos o junto con otras técnicas de reducción de lodo. Además, cada una de las etapas específicas involucradas
60 en el proceso preferido, descrito aquí, y cada uno de los componentes en los sistemas preferidos son fácilmente modificados o ajustados para cumplir el peculiar diseño y los requisitos operacionales del particular sistema de tratamiento de lodos activados en el que se usa y el entorno de funcionamiento preciso para un proceso de tratamiento de lodo activado determinado.

65 Por ejemplo, el gas de la fuente usada junto con el sistema de generación de ozono comprimiría el aire, el aire enriquecido con oxígeno, el gas oxígeno puro o gas oxígeno casi puro. Sin embargo, debido al proceso de tratamiento de lodo activado en el núcleo también tiene un requisito básico de oxígeno, se prefiere el uso de gas oxígeno puro o casi puro como gas de la fuente preferido. Además, el uso de un gas de la fuente de oxígeno puro o casi puro y la

ES 2 341 370 T3

inyección del gas enriquecido en ozono en o cerca del reactor de gasto tipo pistón podía ser controlado de una manera tal que toda o una fracción sustancial de los requisitos globales de oxígeno para el tratamiento biológico en el proceso de lodo activado en el depósito de lodo activado es proporcionado por el sistema de ozonación de lodos.

5 De lo anterior, debería comprenderse que la presente invención proporciona así un método y sistema para el tratamiento de lodo usando gas enriquecido en ozono.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de tratamiento de lodos que comprende:

5 un reactor de ozonación de gasto tipo pistón (30) que comprende una tubería acoplada de forma fluidica a un depósito de tratamiento de lodo activado (20) y adaptado para recibir una corriente de líquido que contiene biosólidos desde el depósito de tratamiento de lodo activado;

10 una fuente de gas enriquecido en ozono (44);

un sistema de inyección de gas (40) acoplado a la fuente de gas enriquecido en ozono (44) y adaptado para inyectar gas enriquecido en ozono en la corriente de líquido en el reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón (30);

15 el reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón (30) adaptado para limitar el tiempo de contacto de los biosólidos con el gas enriquecido en ozono dentro del reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón de 10 a 60 segundos para facilitar la lisis de los biosólidos y la reducción del lodo; y

20 una tubería de retorno (28) acoplada al reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón (30) para transportar la corriente líquida ozonada al depósito de tratamiento de lodo activado (20).

2. El sistema de tratamiento de lodos de la reivindicación 1, en el que la fuente de gas enriquecido en ozono (44) comprende, además, un generador de ozono acoplado a una fuente de oxígeno (44) y el gas enriquecido en ozono es un gas de oxígeno enriquecido en ozono.

3. El sistema de tratamiento de lodos de la reivindicación 1, en el que la fuente de gas enriquecido en ozono (40) comprende, además, un generador de ozono acoplado a una fuente de aire del ambiente y el gas enriquecido en ozono es aire enriquecido en ozono.

4. El sistema de tratamiento de lodos de la reivindicación 1, en el que la fuente de gas enriquecido en ozono (40) comprende, además, un generador de ozono acoplado a una fuente de aire enriquecido en oxígeno y el gas enriquecido en ozono es una mezcla de aire-oxígeno enriquecida en ozono.

5. El sistema de tratamiento de lodos de la reivindicación 1, en el que el sistema de inyección de gas (40) comprende, además, una o más toberas (42) dispuestas en el reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón (30).

6. El sistema de tratamiento de lodos de la reivindicación 1, en el que el sistema de inyección de gas (40) comprende, además, un dispositivo venturi (42) dispuesto en el reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón (30).

7. El sistema de tratamiento de lodos de la reivindicación 1, en el que el sistema de inyección de gas (40) comprende, además, una pluralidad de dispositivos de inyección dispuestos próximos al reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón (30).

8. El sistema de tratamiento de lodos de la reivindicación 1, en el que el sistema de tratamiento de lodos incluye, además, una tubería (28) de lodo activado de retorno (RAS) adaptado para reciclar lodo activado al depósito (20) de tratamiento de lodo activado y el reactor (30) de ozonación de tipo gasto tipo pistón se acopla a la tubería RAS que devuelve la corriente ozonada al depósito de tratamiento de lodo activado.

9. El sistema de tratamiento de lodos de la reivindicación 1, que comprende, además, un subsistema de pretratamiento (80) interpuesto entre el depósito de tratamiento de lodo activado (20) y el reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón (30), el subsistema de pretratamiento de lodo adaptado para acondicionar la corriente de líquido para optimizar la lisis de los biosólidos en el reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón.

10. El sistema de tratamiento de lodos de la reivindicación 1, en el que la corriente de líquido es una corriente de aguas madres mixtas.

11. El sistema de tratamiento de lodos de la reivindicación 1, en el que la corriente de líquido es una corriente de lodo.

12. Un método de reducción de lodo que comprende las etapas de:

tratar el agua residual en un depósito de lodo activado (20);

desviar una corriente de líquido que contiene biosólidos desde el depósito (20) de lodo activado a un reactor (30) de ozonación de tipo gasto tipo pistón;

introducir un gas enriquecido en ozono en la corriente de líquido en o aguas arriba del reactor de ozonación de

ES 2 341 370 T3

tipo gasto tipo pistón (30) de una manera controlada que fomente el contacto eficaz gas-líquido entre la corriente de líquido y el gas enriquecido en ozono y optimice la distribución de tiempo de permanencia de los biosólidos en la corriente ozonada para inducir la lisis de los biosólidos a través de la interacción de los biosólidos con el ozono dentro del reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón; y

5

descargar la corriente de líquido ozonado que contiene subproductos resultantes de la lisis a un biorreactor para la bio-oxidación adicional de dichos subproductos;

en donde el tiempo de contacto entre el ozono y los biosólidos está entre 10 y 60 segundos.

10

13. El método de reducción de lodos de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además la etapa de producir un gas enriquecido en ozono al generar ozono y mezclar el ozono con un gas, y en el que el porcentaje de ozono está entre 6 y 15 por ciento en volumen.

15

14. El método de reducción de lodo de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además la etapa de producir un gas enriquecido en ozono generando ozono y mezclando el ozono con una mezcla de oxígeno y aire del ambiente, y en donde el porcentaje de ozono está entre 6 y 15 por ciento en volumen.

20

15. El método de reducción de lodos de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además la etapa de pretratar la corriente de líquido que contiene biosólidos.

25

16. El método de reducción de lodos de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la etapa de introducir un gas enriquecido en ozono en el reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón (30) que comprende además inyectar gas enriquecido en ozono en una pluralidad de posiciones dentro del reactor de ozonación de tipo gasto tipo pistón.

30

17. El método de reducción de lodos de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la etapa de descargar la corriente de líquido ozonada comprende además descargar la corriente de líquido ozonada de retorno al depósito (20) de lodo activado.

35

40

45

50

55

60

65

18. El método de reducción de lodo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17, en el que la relación de biosólidos reducidos en kilogramos al uso de ozono en kilogramos es igual a o mayor que 10.

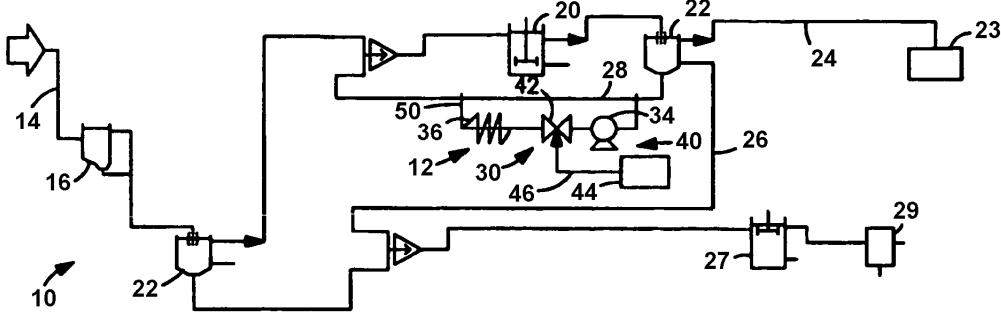


FIG. 1

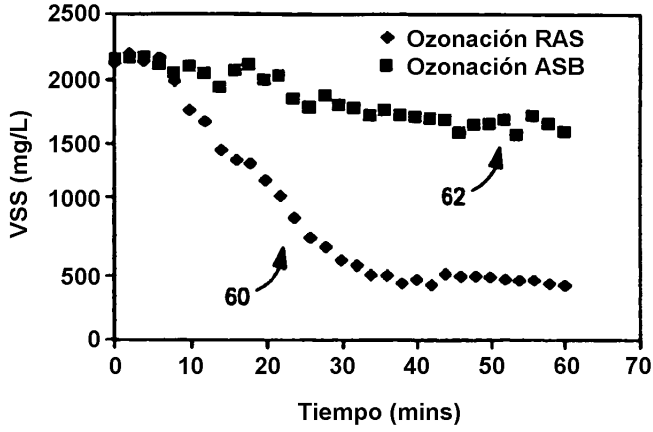


FIG. 2

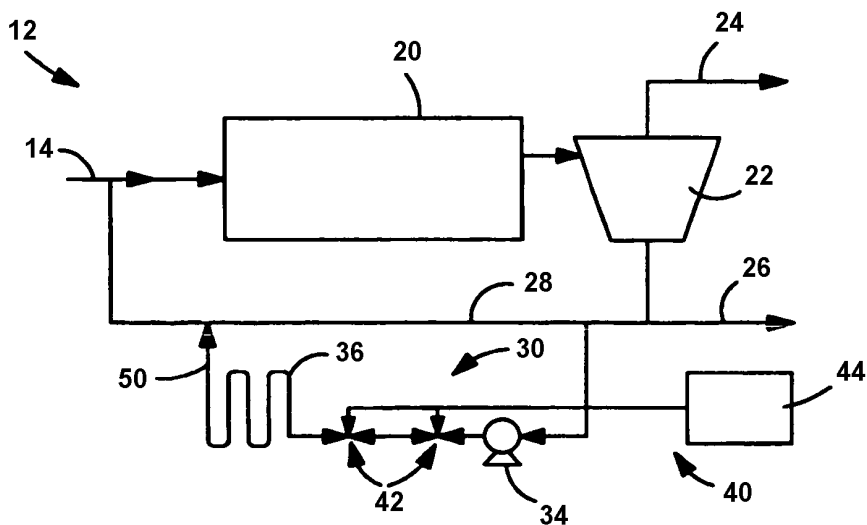


FIG. 3

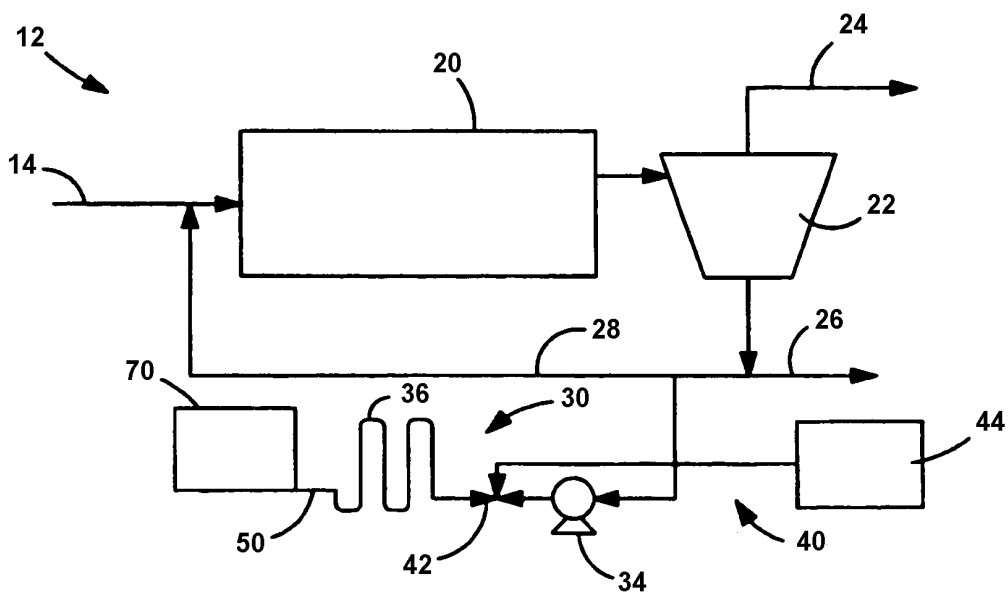


FIG. 4

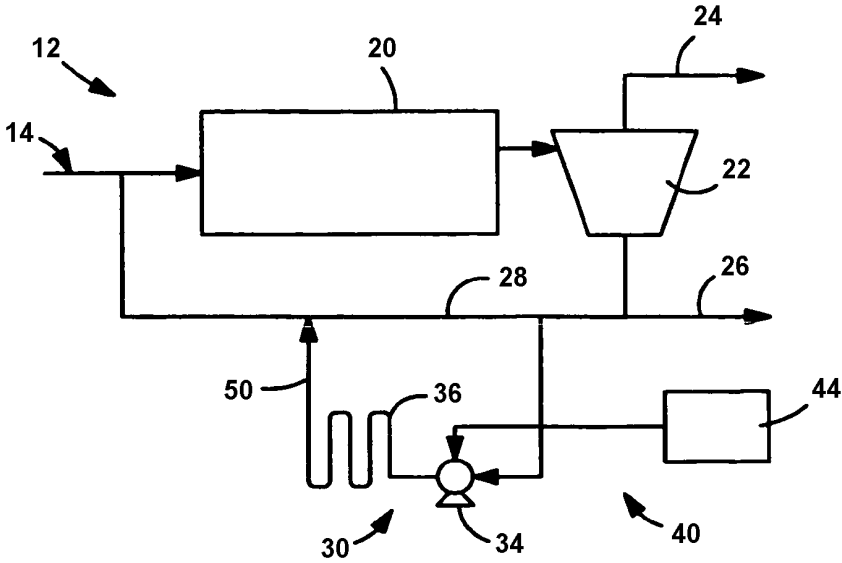


FIG. 5

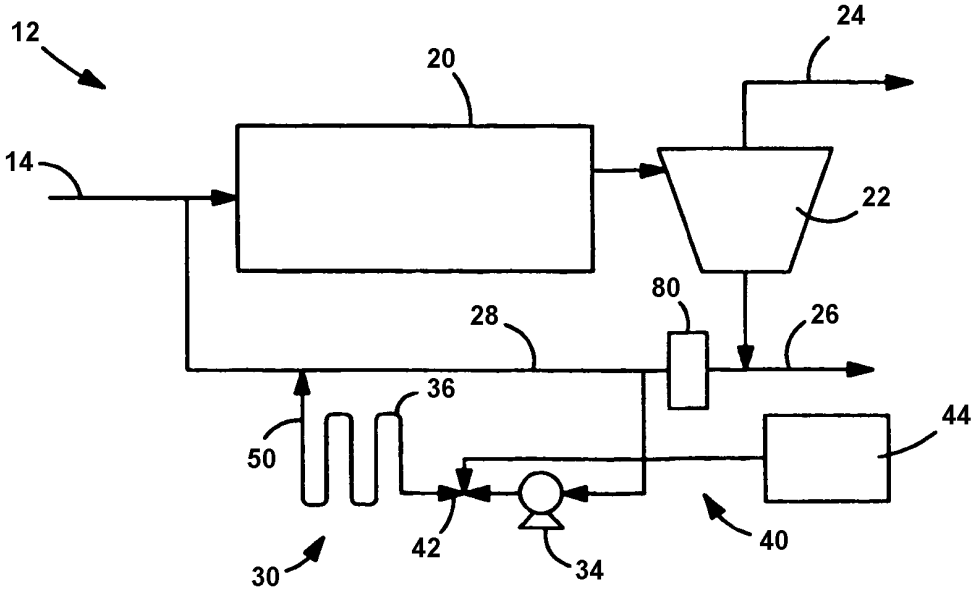


FIG. 6

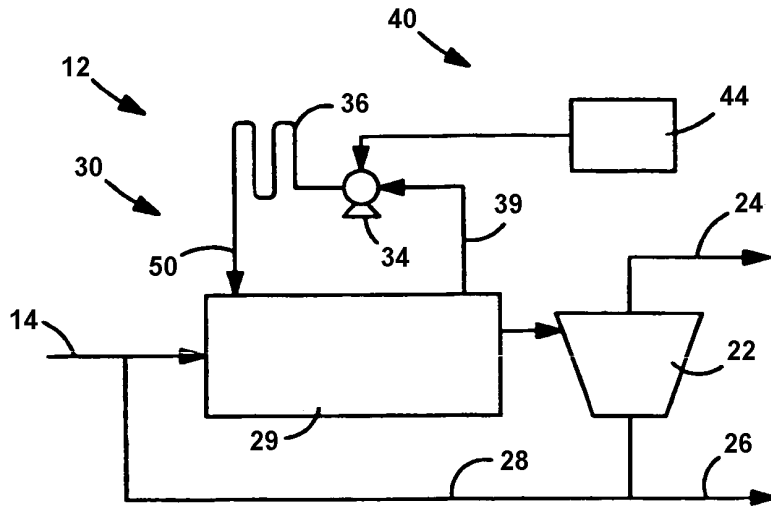


FIG. 8

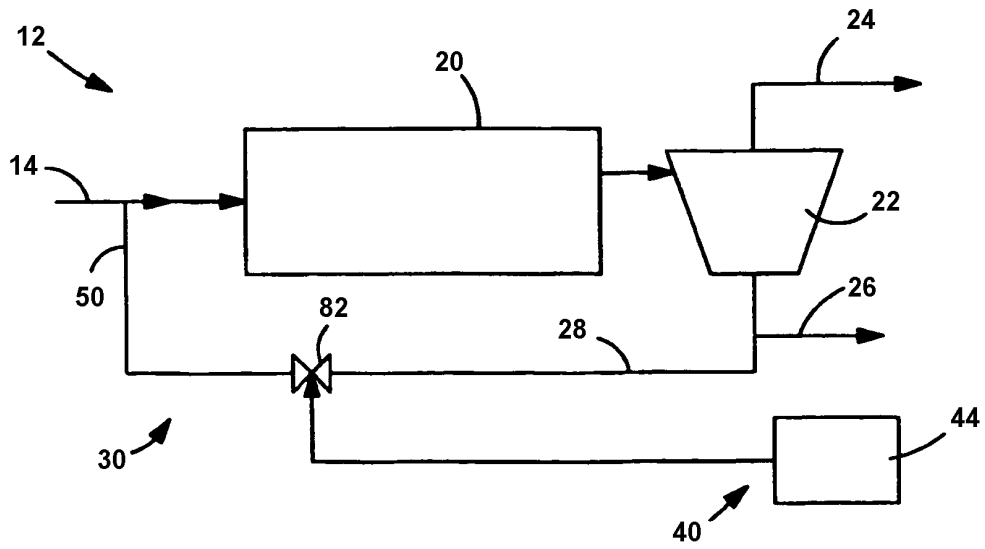


FIG. 7