(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 638 239**

(21) Número de solicitud: 201630320

(51) Int. CI.:

C02F 1/00 (2006.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN B1

(22) Fecha de presentación:

18.03.2016

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

19.10.2017

Fecha de concesión:

02.08.2018

(45) Fecha de publicación de la concesión:

09.08.2018

(56) Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2017/070152

(73) Titular/es:

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC) (85.0%)
C/ Serrano, nº 117
28006 Madrid (Sevilla) ES y
UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE (15.0%)

(72) Inventor/es:

GONZÁLEZ FERMOSO, Fernando;
BORJA PADILLA, Rafael;
ABANS CARRASCO, Pablo María;
SERRANO MORAL, Antonio y
JIMENEZ RODRÍGUEZ, Antonia Mercedes

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

(54) Título: **PROCEDIMIENTO DE MONITORIZACIÓN DE DIGESTORES ANAEROBIOS**

(57) Resumen:

Procedimiento de monitorización de digestores anaerobios, que hace uso de un dispositivo que comprende una celda de combustión microbiana (1) vinculada a un digestor anaerobio (2) a través de al menos un primer conducto (3) y un segundo conducto (4), un voltímetro (13) que determina la diferencia de potencial eléctrico creada en el interior de la celda de combustión microbiana (1), y una unidad de control (14) que recibe las medidas determinadas por el voltímetro (13). El ánodo (7) de la celda de combustión microbiana (1) es alimentado por un flujo continuo que comprende una mezcla de efluente y biomasa procedente del interior del digestor anaerobio (2), lo que permite una monitorización precisa y continua del proceso de digestión que se lleva a cabo en el interior de dicho digestor anaerobio (2).

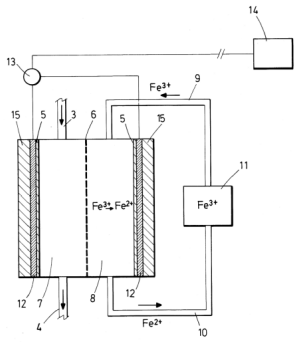

FIG.2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

ES 2 638 239 B1

PROCEDIMIENTO DE MONITORIZACIÓN DE DIGESTORES ANAEROBIOS

DESCRIPCIÓN

OBJETO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se encuadra en el campo técnico del tratamiento biológico de aguas residuales, así como en el de las celdas de combustión microbiana, y se refiere en particular a un procedimiento de monitorización y control de los factores de riesgo que afectan al proceso de digestión anaerobia realizado en reactores o digestores, estando dicho procedimiento basado en una celda de combustión microbiana anexa y conectada a un digestor anaerobio, que permite relacionar la actividad microbiana presente en el reactor con la generación de un potencial eléctrico.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La digestión anaerobia es una técnica de tratamiento de residuos orgánicos mediante la acción de microorganismos que, en condiciones anaerobias, descomponen dicha materia orgánica. Este proceso genera diversos gases, entre los cuales destacan el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4).

Los procesos de digestión anaerobia comprenden habitualmente cuatro etapas fundamentales y sucesivas:

- Hidrólisis, en la cual se reduce el tamaño de los polímeros orgánicos que conforman la biomasa para facilitar el acceso a ellos por parte de los microorganismos, dando lugar a azúcares, aminoácidos y ácidos grasos simples.
- Acidogénesis, que resulta de la ruptura de los componentes restantes por bacterias fermentativas dando lugar a ácidos grasos volátiles, amoniaco, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico y otros subproductos.
- Acetogénesis en la que las moléculas procedentes de la acidogénesis son digeridas por bacterias productoras de acetatos, para producir fundamentalmente ácido acético, dióxido de carbono e hidrógeno.
- Metanogénesis, en la cual las bacterias productoras de metano emplean los

productos intermedios de las etapas previas para convertirlos en metano, dióxido de carbono y agua, siendo los dos primeros los principales componentes del biogás emitido por el sistema. La metanogénesis ocurre a valores de pH comprendidos entre 6.5 y 8.

En los llamados biodigestores o digestores de residuos orgánicos se aprovecha esta liberación de gases para ser posteriormente empleados como combustible. En su forma más simple, los biodigestores comprenden un contenedor cerrado, hermético e impermeable llamado reactor, dentro del cual se deposita el material orgánico con una determinada dilución de agua.

La digestión anaerobia es un proceso biológico muy delicado debido al elevado número de factores que afectan a la actividad de los microorganismos y que pueden provocar fallos temporales o totales del sistema. Para la recuperación del funcionamiento de los digestores sería necesario llevar a cabo un re-arranque de los mismos, lo cual implica la necesidad de detener el proceso durante largos periodos de tiempo, la imposibilidad de tratar residuos durante dichos periodos y, en consecuencia, tanto unos elevados costes económicos como unos posibles impactos ambientales y problemas de operación en la planta derivados de la acumulación de residuos sin estabilizar.

Controlar de manera individual cada uno de los factores de riesgo es una opción costosa, tecnológicamente complicada y que requiere un elevado grado de especialización de los operarios de planta por lo que, en la actualidad, el seguimiento de los digestores se realiza en base a variaciones en la producción de biogás o de factores tales como el pH o la acumulación de ácidos. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones la detección de fallos en el digestor mediante estos métodos no es inmediata a la aparición de dichos problemas con lo que el sistema ya ha podido resultar seriamente dañado, llegándose a situaciones críticas e irreversibles.

Se conoce en el estado de la técnica la utilización de celdas de combustión microbianas como biosensores para realizar el control de los factores de riesgo del proceso de digestión anaerobia de residuos. Dichas celdas están alimentadas con el efluente final de un digestor de flujo de tipo ascendente, teniendo la consideración de un sistema independiente y posterior al reactor.

Esta configuración implica que las poblaciones bacterianas del digestor y de la celda de combustión no sean las mismas y que, por tanto, la respuesta ofrecida por la celda no sea representativa del comportamiento real del digestor. Además, al utilizar el efluente de reactores de flujo ascendente es muy posible que la detección de problemas en el lecho del reactor no sea automática, por lo que no se aporta una solución a los problemas descritos previamente.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El objeto de la invención consiste en un procedimiento para monitorizar los parámetros de riesgo del proceso de digestión anaerobia que se produce en el interior de un digestor, que hace uso de un dispositivo que comprende una celda de combustión microbiana anexa a dicho digestor y que está vinculado a él mediante un sistema de recirculación que permite relacionar la actividad microbiana presente en el reactor con la generación de un potencial eléctrico en el interior de la celda del dispositivo, estando dicha celda vinculada además a un voltímetro que determina el potencial eléctrico en el interior de dicha celda, y a una unidad de control que recibe las mediciones efectuadas en el voltímetro.

El procedimiento se fundamenta en la determinación del potencial eléctrico de la celda microbiana en condiciones estables y la posterior realización del seguimiento de dicho potencial, de modo que en el momento en el que se detecten variaciones significativas de potencial la unidad de control emite un aviso de fallo en el sistema antes de que se produzca un desestabilización irreversible del mismo.

La celda de combustión microbiana del dispositivo empleado en el procedimiento está conformada por un par de primeras placas, preferentemente de polimetilmetacrilato, con un canal de flujo y separadas por una membrana de intercambio catiónico que divide la celda en dos compartimentos: ánodo y cátodo.

En la parte del ánodo se encuentra la biomasa responsable de la oxidación de la materia orgánica procedente del reactor. Esta biomasa del ánodo es análoga a la existente en el interior de dicho reactor, ya que como se ha indicado anteriormente la recirculación se realiza del contenido del reactor, que comprende tanto el efluente entrante en dicho

reactor como parte de su lecho de biomasa.

En la parte del cátodo se produce una reducción de hierro a partir de un catolito, compuesto preferentemente por una disolución de 16,470 g/L de $Fe(III)[CN]_6^{3-}$ y un tampón fosfato 0,02 M.

A cada uno de los lados de las primeras placas de polimetilmetacrilato de la celda se vinculan otras dos segundas placas, preferentemente de grafito, que actúan como electrodos.

Todos los elementos de la celda de combustión microbiana están vinculados entre sí mediante dos terceras placas adicionales de polimetilmetacrilato fijadas por unos tornillos realizados en un material no conductor, preferentemente plástico.

Los electrodos de la celda están conectados a un voltímetro, preferentemente dotado de una resistencia interna de alrededor de 1000Ω, que cierra el circuito y realiza una medición de la diferencia de potencial entre los electrodos del circuito en tiempo real, preferentemente en continuo.

Dicho voltímetro está asimismo vinculado a una unidad de control que recibe las medidas determinadas en tiempo real por el voltímetro y, en caso de producirse variaciones significativas en el potencial eléctrico del interior de la celda de combustión microbiana, emite una señal de aviso destinada a un operario responsable del control del digestor anaerobio para que se inicie un protocolo de actuación que detecta y soluciona la causa de dicha variación en el potencial eléctrico antes de la paralización total del proceso de digestión anaerobia.

La característica de que la población bacteriana presente en la celda de combustión microbiana del dispositivo sea análoga a la existente en el digestor, permite que la respuesta ofrecida sea totalmente representativa en tiempo y forma al funcionamiento del digestor. Además, dado que la población microbiana desarrollada en el bioánodo de la celda se renueva constantemente con aportes de microorganismos procedentes del digestor, tanto la celda microbiana como el digestor funcionan como un único sistema capaz de adaptarse a cambios en la población microbiana sin variar la precisión de su

funcionamiento.

Del mismo modo, esta recirculación de microorganismos permite que, en el momento de la puesta en marcha del dispositivo, la inoculación de biomasa en la membrana de la celda del dispositivo se realice de forma autónoma, evitando la extracción de parte de un digestato procedente de la digestión anaerobia para la inoculación manual de la membrana como paso previo a su instalación como ocurre con otros dispositivos.

Esto otorga una gran versatilidad al dispositivo y al procedimiento a él asociado al permitirle ser instalado en cualquier reactor independientemente del residuo que se esté tratando, ya que la población microbiana de la celda que oxida la materia orgánica procedente del reactor se forma a partir de la misma población microbiana existente en el reactor. Igualmente, en caso de producirse algún problema en la población de microorganismos de la membrana, el dispositivo es capaz de auto-repararse mediante el aporte constante de nuevos microorganismos procedentes del digestor.

Los costes energético y de mantenimiento del procedimiento son prácticamente nulos, existiendo únicamente los costes derivados de la necesidad de un pequeño volumen de recirculación y del mantenimiento del dispositivo a la misma temperatura de operación existente en el reactor. Este procedimiento de monitorización es posible en reactores de todo tipo y el funcionamiento de su dispositivo asociado es adaptable tanto a las condiciones de operación como al tipo de residuo a tratar.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra una vista esquemática de la disposición del dispositivo asociado al procedimiento de monitorización en un digestor anaeróbico.

Figura 2.- Muestra una vista esquemática del dispositivo asociado al procedimiento monitorización de digestores anaerobios, en la que se aprecian sus principales elementos constituyentes.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

Seguidamente se proporciona, con ayuda de las figuras anteriormente referidas, una explicación detallada de un ejemplo de realización preferente del objeto de la presente invención.

El dispositivo asociado al procedimiento de monitorización de digestores anaerobios que se describe comprende una celda de combustión microbiana (1) vinculada a un digestor anaerobio (2) a través de un primer conducto (3) que transporta parte tanto del efluente como de la biomasa contenidos en el interior del digestor anaerobio (2) hacia el interior de la celda de combustión microbiana (1) para proceder a una determinación del potencial eléctrico creado por el contenido del digestor anaerobio (2) y posteriormente, a través de un segundo conducto (4) devolver dicho contenido al interior del digestor anaerobio (2), como se muestra en la vista esquemática de la figura 1.

La celda de combustión microbiana (1) comprende a su vez un primer par de placas (5) de polimetilmetacrilato separadas entre sí por medio de una membrana de intercambio catiónico (6). Dicha membrana de intercambio catiónico (6) divide la cavidad interior de la celda de combustión microbiana (1) en un primer compartimento, correspondiente al ánodo (7) y un segundo compartimento, correspondiente al cátodo (8).

Como se muestra en la figura 2, el primer conducto (3) introduce en el ánodo (7) de la celda de combustión microbiana (1) un flujo continuo de la mezcla de efluente y biomasa procedente del interior del digestor anaerobio (2), que tras ser oxidada en el interior de dicha celda de combustión microbiana (1) es recirculada al interior del digestor anaerobio (2) a través del segundo conducto (4).

Por otro lado, el cátodo (8) se encuentra conectado mediante un tercer conducto (9) y un cuarto conducto (10) a un depósito (11) contenedor de catolito. En la realización preferente aquí descrita el catolito comprende una disolución de 16,470 g/L de

$Fe(III)[CN]_6^{3-}$ y un tampón fosfato 0,02 M, de forma que en el interior del cátodo (8) se produce una reducción de hierro.

Así, el hierro procedente del depósito (11) es conducido a través del tercer conducto (9) hacia el interior del cátodo (8) en forma de catión férrico (Fe^{3+}), donde es reducido a ferroso (Fe^{2+}), siendo dicho catión ferroso posteriormente recirculado hacia el depósito (11) por el cuarto conducto (10).

Cada una de las respectivas placas del primer par de placas (5) de la celda de combustión microbiana (1) está vinculada a cada una de las placas de un segundo par de placas (12) de grafito, actuando dichas placas del segundo par de placas (12) como electrodos.

Un voltímetro (13) dotado de una resistencia de 1000Ω y conectado a cada una de las placas de grafito del segundo par de placas (12) cierra el circuito eléctrico creado en la celda de combustión microbiana (1) y mide en tiempo real la diferencia de potencial del circuito eléctrico. Se prevé que dicho voltímetro (13) esté asimismo vinculado a una unidad de control (14) que recibe las medidas determinadas en tiempo real por el voltímetro (13).

Un tercer par de placas (15) de polimetilmetacrilato recubre exteriormente a la celda de combustión microbiana (1), teniendo dicho tercer par de placas (15) practicados unos orificios para permitir la entrada del primer conducto (3) y el segundo conducto (4) que vinculan a la celda de combustión microbiana (1) con el digestor anaerobio (2).

El procedimiento de monitorización de digestores anaerobios que hace uso del dispositivo así descrito comprende por tanto las siguientes fases:

- entrada en el ánodo (7) de la celda de combustión microbiana (1) de un flujo continuo que comprende una mezcla de efluente y biomasa procedente del interior del digestor anaerobio (2) para su oxidación,
- entrada en el cátodo (8) de la celda de combustión microbiana (1) procedente del depósito (11) de un catolito para su reducción,
- medición por parte del voltímetro (13) de la diferencia de potencial creada en

el interior de la de la celda de combustión microbiana (1) debida a las reacciones de oxidación y reducción,

- transmisión de la diferencia de potencial medida por el voltímetro (13) a la unidad de control (14), y

- salida del ánodo (7) de la celda de combustión microbiana (1) de la mezcla de efluente y biomasa oxidada a través del segundo conducto (9) para su retorno al interior del digestor anaerobio (2).

En caso de producirse variaciones significativas en el potencial eléctrico de la celda de combustión microbiana (1), la unidad de control (14) emite una señal de aviso destinada a un operario responsable del control del digestor anaerobio (2) para que se inicie un protocolo de actuación que detecta y soluciona la causa de dicha variación en el potencial eléctrico antes de que se produzca la paralización total del proceso de digestión anaerobia.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de monitorización de digestores anaerobios, que hace uso de un dispositivo que comprende una celda de combustión microbiana (1) vinculada a un digestor anaerobio (2) a través de al menos un primer conducto (3) y un segundo conducto (4), un voltímetro (13) que determina la diferencia de potencial eléctrico creada en el interior de la celda de combustión microbiana (1), y una unidad de control (14) que recibe las medidas determinadas por el voltímetro (13), en el que la celda de combustión microbiana (1) comprende a su vez:

- un primer par de placas (5) separadas entre sí y elaboradas en un material no conductor eléctrico,
- una membrana de intercambio catiónico (6) que divide el espacio existente entre las placas del primer par de placas (5) en un primer compartimento, correspondiente a un ánodo (7) dotado de una población microbiana análoga a la del interior del digestor (2), y un segundo compartimento, correspondiente a un cátodo (8),
- al menos un tercer conducto (9) y un cuarto conducto (10) que vinculan el cátodo (8) a un depósito (11) contenedor de catolito, y
- un segundo par de placas (12) elaboradas en un material conductor vinculadas a las placas del primer par de placas (5),

caracterizado porque comprende las siguientes fases:

- entrada en el ánodo (7) de un flujo continuo que comprende una mezcla de efluente y biomasa procedente del interior del digestor anaerobio (2) para su oxidación,

- entrada en el cátodo (8) de un catolito procedente del depósito (11) para su reducción,

- medición por parte del voltímetro (13) de la diferencia de potencial creada en el interior de la celda de combustión microbiana (1) debida a las reacciones de oxidación y reducción,

- transmisión de la diferencia de potencial medida por el voltímetro (13) a la unidad de control (14), y

- salida del ánodo (7) de la mezcla de efluente y biomasa oxidada a través del

segundo conducto (9) para su retorno al interior del digestor anaerobio (2).

2. Procedimiento de monitorización de digestores anaerobios de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado porque la unidad de control (14) emite una señal de aviso cuando detecta variaciones significativas en el potencial eléctrico determinado por el voltímetro (13) en el interior de la celda de combustión microbiana (1) para evitar la parada del digestor anaerobio (2).

3. Procedimiento de monitorización de digestores anaerobios de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado porque el voltímetro (13) realiza la determinación de la diferencia de potencial creada en el interior de la celda de combustión microbiana (1) en tiempo real.

4. Procedimiento de monitorización de digestores anaerobios de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado porque el catolito contenido en el depósito (11) comprende una disolución de catión férrico que es introducido en el interior del cátodo (8) a través del tercer conducto (9) para ser reducido a catión ferroso.

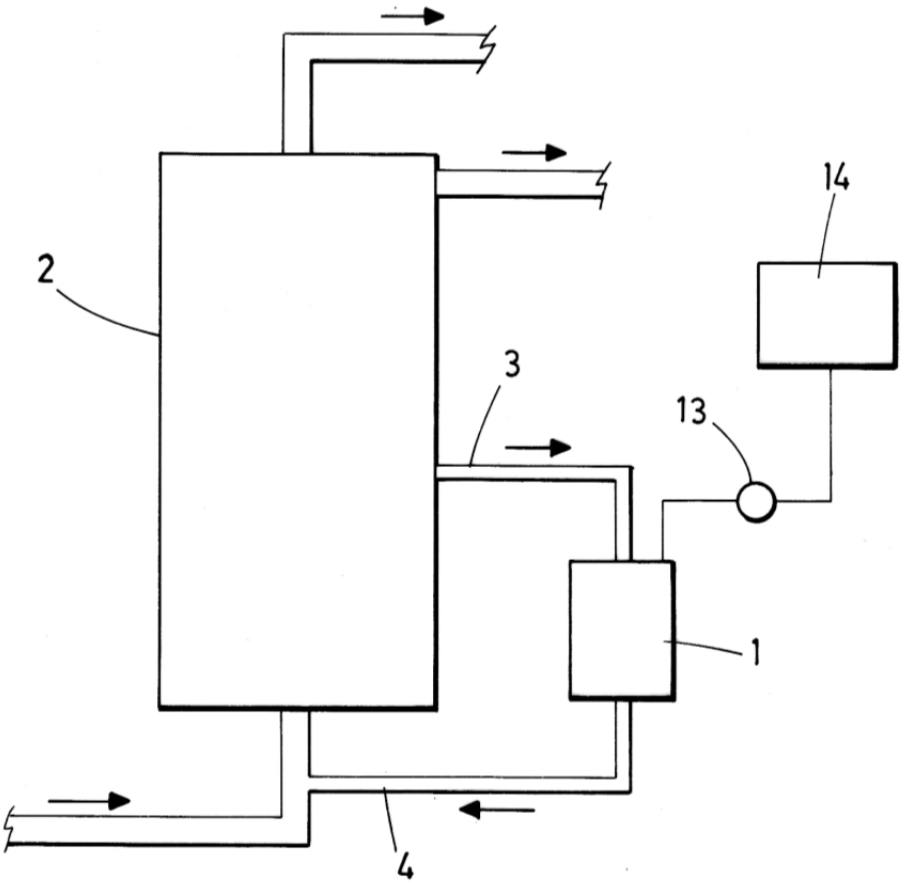

FIG.1

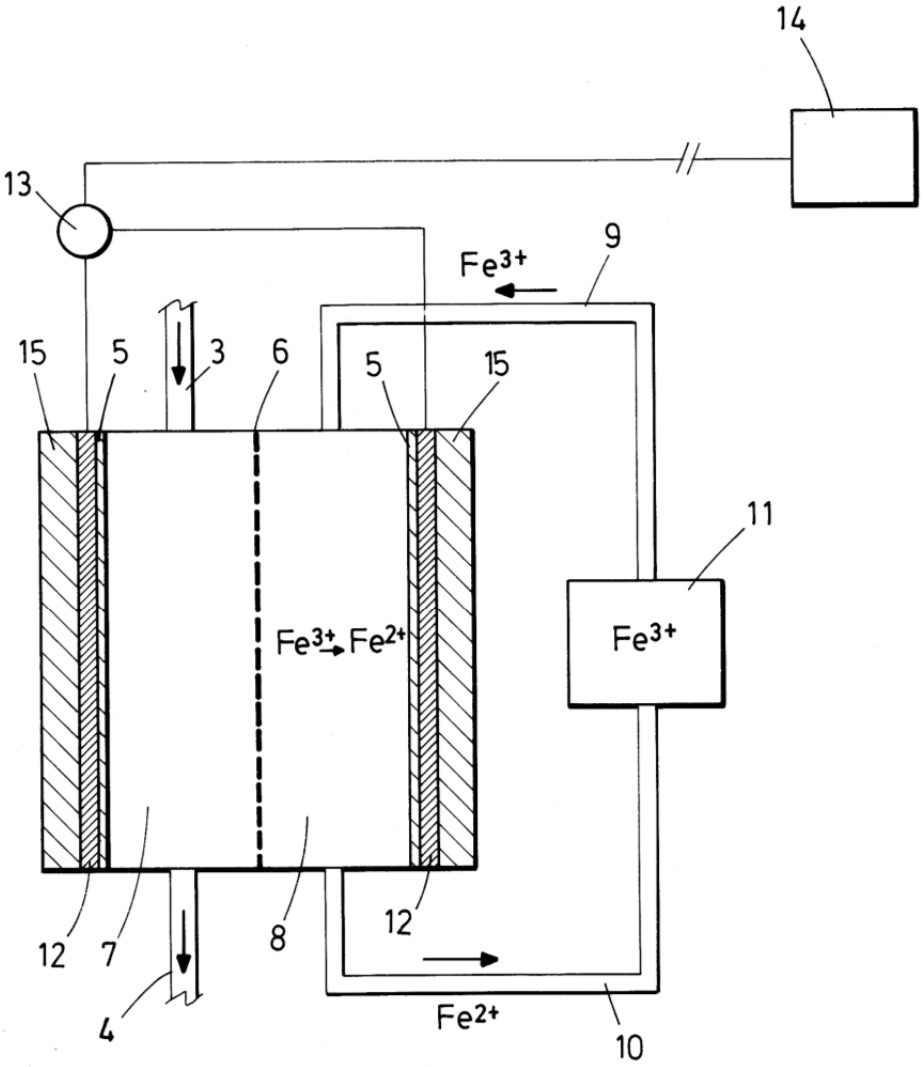

FIG.2