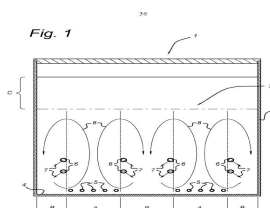


DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

SOLICITUD FASE NACIONAL - PCT

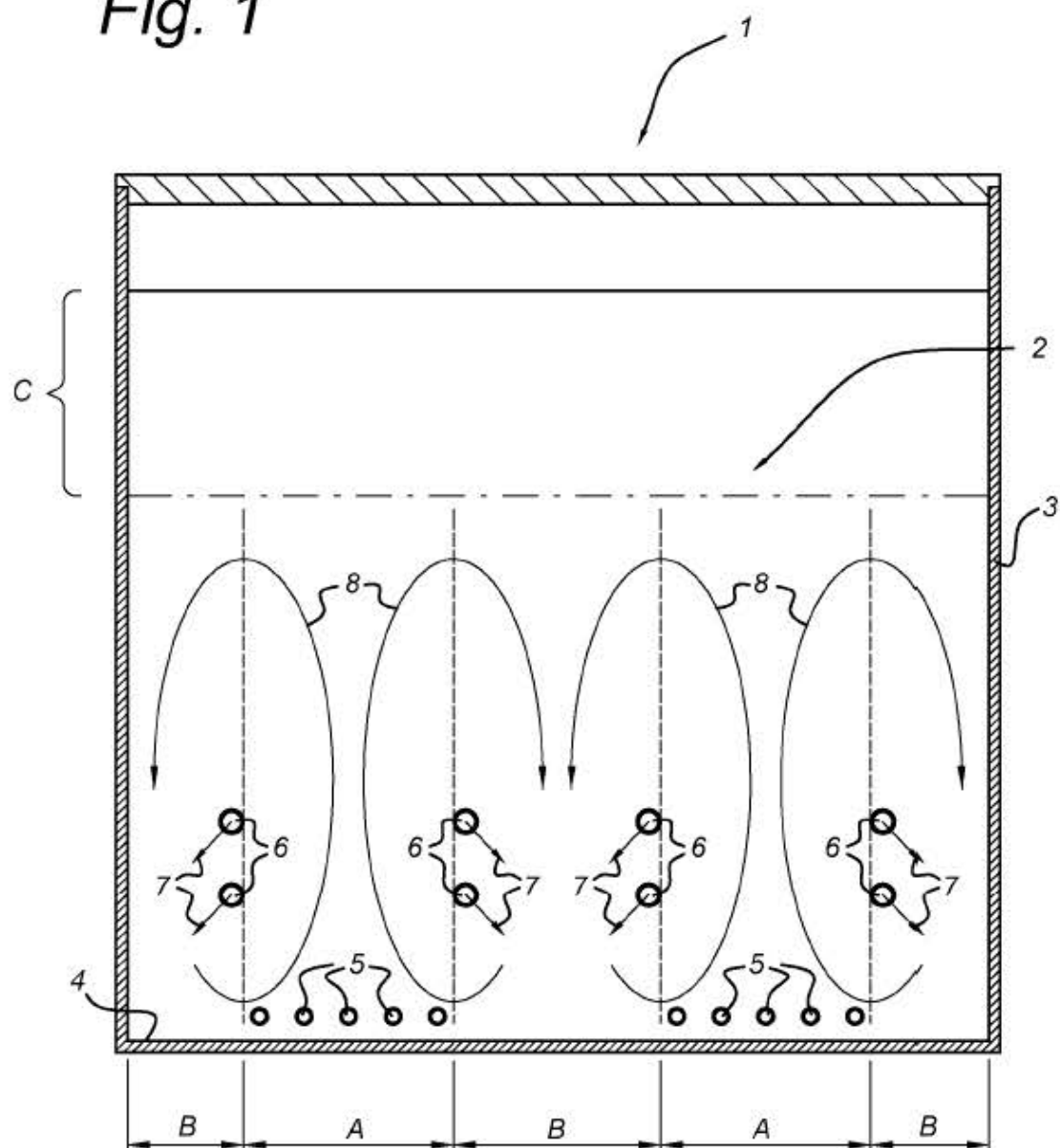


1	Título de la Invención (200 caracteres o espacios máximos)		
UN PROCESO PARA ELIMINAR EL SULFURO DE UNA SOLUCIÓN ACUOSA			
2	Datos del Solicitante		
	Nombre:	PAQUES I.P. B.V.	Dirección Electrónica: notificaciones@clarkemodet.com.co
	Dirección:	Tjalke de Boerstrjitte 24 NL-8561	Domicilio/País de constitución: PAISES BAJOS - FRIESLAND - EL BALK
	Identificación: ☐ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☒ EMPRESA EXTRANJERA ☐ NIT ☐ PASAPORTE		
	Número:	1049174-	
3	Solicitantes		

Apellidos - Nombres o Razón Social		Tipo	Identificación	
1.	PAQUES I.P. B.V.	NN	1049174	
4	Datos del Inventor			
Nombre:		Erik VAN ZESSEN,	Dirección Electrónica: notificaciones@clarkemodet.com.co	
Dirección:		Sponturf 11 NL-8447 DX,	Domicilio/País de constitución: PAISES BAJOS - FRIESLAND - HEERENVEEN	
Identificación: ☐ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ NIT ☐ PASAPORTE ☒ No Aplica Número: -				
5	Inventor(es)			
Apellidos - Nombres		Domicilio		
1.	VAN ZESSEN, Erik	PAISES BAJOS		
2.	JORNA, Antonius Johannes	PAISES BAJOS		
3.	VELLINGA, Sjoerd Hubertus Jozef	PAISES BAJOS		
4.	DIJKMAN, Hendrik	PAISES BAJOS		
6	Datos Inventor(es)			
País de Residencia		Departamento/Estado	Ciudad	Dirección
1.	PAISES BAJOS	FRIESLAND	HEERENVEEN	Sponturf 11 NL-8447 DX,
2.	PAISES BAJOS	FRIESLAND	EL BALK	De Mieden 26 NL-8561 ER,

3.	PAISES BAJOS	DRENTHE	TJALLEBERD	Pastoriesingel 23 NL-8458 CP,
4.	PAISES BAJOS	FRIESLAND	IJLST	Geeuwkade 19 NL-8651 AA,
7	Datos del Representante Legal / Apoderado			
Nombre:		CAROLINA MERCEDES DAZA MONTALVO	Dirección Electrónica:	notificaciones@clarkemodet.com.co
Dirección:		CARRERA 11 NO. 86-53, PISO 6	Domicilio/País de constitución:	COLOMBIA - BOGOTA D.C. - BOGOTA D.C.
Identificación: ☒ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ NIT ☐ PASAPORTE Número: 66783790-				
Presentación de Poder				
Año de Radicación				
Número de Radicación				
8	Datos Solicitud: PCT / WO			
Número Solicitud:		PCT/NL2014/050660	Fecha Solicitud:	26/09/2014
Número Publicacion:		WO 2015/047091	Fecha Publicacion:	02/04/2015
9	Declaraciones de prioridad		☒ SI ☐ NO	
1.	(33) País de origen EUROP PATENT ORGANIZATION(EPO)	Codigo del país EP	(31) No. Solicitud 13186184.1	(32) Fecha 26/09/2013
10	Reivindicaciones			

	Número reivindicaciones:	15	Pago Reivindicaciones:	No
11	Reducción de tasas.			
<i>Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.</i> ☐ SI ☒ NO Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.				
☐ Micro, pequeñas y medianas empresas ☐ Universidades públicas o privadas ☐ Entidades sin ánimo de lucro Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos				
12	Documentos Anexos			
☒ Reivindicaciones ☒ Descripción ☒ Dibujos y/o Figuras ☒ Resumen ☐ Certificado Depósito Material Biológico ☐ Uso de Conocimiento tradicional ☐ Listado de secuencias ☒ Artes finales 12 x 12 cm ☒ Poderes, si fuere el caso ☐ Copia de la primera solicitud si se reivindica prioridad ☐ Traducción simple de la primera solicitud, si se reivindica prioridad ☒ Otros Anexos				

Fig. 1

UN PROCESO PARA ELIMINAR EL SULFURO DE UNA SOLUCIÓN ACUOSA

Campo de la Invención

La invención se relaciona con un proceso para eliminar el sulfuro de una solución acuosa que comprende sulfuro, en donde la solución acuosa se somete a bacterias que oxidan el sulfuro en la presencia de oxígeno en un reactor para oxidar sulfuro a azufre elemental.

Antecedentes de la Invención

Es bien conocido eliminar los compuestos de azufre tales como sulfuro de hidrógeno, óxidos de azufre, disulfuro de carbono y mercaptanos de alquilo inferiores de los flujos gaseosos por medio de depuración de la corriente gaseosa en una torre de absorción con una solución acuosa de lavado, tal como por ejemplo una solución de carbonato de sodio o potasio. Por lo tanto, se obtiene una corriente gaseosa purificada y una solución de lavado cargada con sulfuro, opcionalmente después de la reducción de óxidos de azufre disueltos en sulfuro.

En el documento W092/10270 se describe un proceso en donde una solución acuosa que contiene sulfuro obtenida de la depuración de un efluente gaseoso que contiene azufre se somete a bacterias que oxidan el azufre en presencia de oxígeno en un reactor para oxidar el sulfuro a azufre elemental e hidróxido.

En el documento W094/29227 se describe un proceso para la oxidación de sulfuro a azufre elemental con bacterias que oxidan el sulfuro en un reactor de bucle accionado por aire en donde se

mantiene una circulación vertical por medio de un flujo de gas que contiene oxígeno.

En un proceso para la oxidación biológica de sulfuro, es importante minimizar la producción no deseada de sulfato y maximizar la producción deseada de azufre elemental. Se sabe que se puede promover la formación de azufre elemental sobre sulfato al controlar el suministro de oxígeno.

En el documento W098/04503 se describe un proceso para el tratamiento biológico de una solución cáustica gastada que comprende sulfuros en un reactor aeróbico que contiene bacterias que oxidan el azufre en donde se controla el potencial redox en el reactor. En el proceso del documento W098/04503, se controla la reacción de oxidación de sulfuro, es decir, se promueve la formación de azufre elemental sobre la formación de sulfato, al ajustar el potencial redox del medio de oxidación a un valor por debajo de -300 mV.

Fuera del campo del tratamiento bacteriano de soluciones acuosas, el documento W001/27042 se refiere específicamente al tratamiento de fluidos de proceso que contienen partículas sólidas. En el documento W001/27042 se describe un aparato que contiene una cámara de tratamiento que tiene por lo menos dos regiones internas en donde se disponen entradas de burbujas de gas y conductos de entrada y salida de fluidos de tal manera que se provoca que el fluido de proceso siga rutas en circulación (en espiral) en direcciones opuestas (en sentido horario versus antihorario) a lo largo de la longitud de la cámara. Las entradas

de burbujas que impulsan la circulación se disponen en una pluralidad de filas con el fin de crear una "cortina" de burbujas entre dos regiones de circulación opuestas, de tal manera que el fluido de proceso debe pasar a través de la cortina de burbujas en su tránsito a través del recipiente, con lo cual cualesquier partículas sólidas relativamente densas, al pasar a través de la cortina de burbujas, experimentarán una reducción significativa en la flotabilidad cayendo de esta manera en una región de recolección de sólidos dispuesta entre las filas de entrada de burbujas.

Subsiste la necesidad en la técnica de mejorar los procesos de oxidación de sulfuro al utilizar bacterias que oxidan el sulfuro al controlar adicionalmente la reacción de oxidación, en particular evitar reacciones abióticas no deseadas tales como formación de tiosulfato debido a concentraciones localmente altas de sulfuro en el reactor.

Resumen de la Invención

Se ha encontrado ahora que la formación de azufre elemental sobre la formación de tiosulfato en un proceso para la oxidación de sulfuro por medio de bacterias que oxidan el sulfuro se mejora notablemente al crear, en una zona de reacción que contiene bacterias que oxidan el sulfuro en un medio de reacción acuoso y que no comprende paredes de separación que se extienden verticalmente, zonas aireadas y no aireadas e inyectar la corriente de carga que contiene sulfuro en una zona no aireada. Se ha encontrado que al crear de este modo zonas aireadas o no aireadas que no necesitan estar separadas una de la otra por

medio de componentes internos de reactor que se extienden verticalmente, se produce circulación suficiente del medio acuoso para diluir rápidamente la concentración de sulfuro que está ingresando al reactor. Por lo tanto, la concentración de sulfuro en el medio de reacción es suficientemente baja para minimizar la formación de tiosulfato no deseado.

De acuerdo con lo anterior, la presente invención se relaciona con un proceso para eliminar el sulfuro de una solución acuosa que comprende sulfuro, en donde la solución acuosa se somete a bacterias que oxidan el sulfuro en la presencia de oxígeno en un reactor para oxidar sulfuro a azufre elemental, el proceso comprende:

- a) proporcionar la solución acuosa que comprende sulfuro;
- b) suministrar un gas que contiene oxígeno molecular al reactor que contiene las bacterias que oxidan el sulfuro en un medio acuoso, de tal manera que se crean una o más zonas aireadas y una o más zonas no aireadas en el medio acuoso con flujo de líquido hacia arriba en las zonas aireadas y flujo de líquido hacia abajo en las zonas no aireadas;
- c) suministrar la solución acuosa que comprende sulfuro al reactor al inyectar la solución acuosa en una o más zonas no aireadas,

en donde una o más zonas aireadas no se separan de una o más zonas no aireadas por medio de componentes internos de reactor que se extienden verticalmente.

En una redacción alternativa pero equivalente, la presente invención se relaciona con un proceso para eliminar el sulfuro de

una solución acuosa que comprende sulfuro, en donde la solución acuosa se somete a bacterias que oxidan el sulfuro en un medio acuoso en la presencia de oxígeno en un reactor para oxidar sulfuro a azufre elemental, el proceso comprende:

- 5 a) proporcionar la solución acuosa que comprende sulfuro;
- b) suministrar un gas que contiene oxígeno en una sección inferior de solo una parte del área de sección transversal del reactor, de tal manera que se crean una o más zonas aireadas y una o más zonas no aireadas en el medio acuoso,
10 dichas zonas aireadas se ubican por encima de dicha parte en la que se suministra gas que contiene oxígeno, con flujo de líquido hacia arriba en las zonas aireadas y flujo de líquido hacia abajo en las zonas no aireadas;
- c) suministrar la solución acuosa que comprende sulfuro en solo
15 una o más o más zonas no aireadas, en una posición que es más alta que dicha sección inferior.

Una ventaja del procedimiento de acuerdo con la invención es que no se necesitan mezcladores con el fin de diluir rápidamente
20 la corriente de entrada de la solución acuosa con un medio acuoso en el reactor. De esta manera, se opera el reactor ya que el medio acuoso se hace circular como resultado del flujo hacia arriba y hacia abajo creado al suministrar aire u otro gas que comprende oxígeno molecular a las áreas de la zona de reacción
25 elegidas cuidadosamente.

Es un aspecto único de la invención que la solución acuosa que comprende sulfuro se inyecte en zonas no aireadas. Los beneficios de la inyección de solución acuosa que comprende

sulfuro en dichas zonas no aireadas son que la dilución fuerte de sulfuro antes de entrar en la zona aireada reduce la producción de subproductos no deseados y aumenta la producción de azufre. Incluso en los sistemas de la técnica anterior que emplean tubos de bajada que no se cargan intencionalmente con aire (véase por ejemplo el ejemplo comparativo 2), no ha sido posible crear zonas no aireadas para inyección de solución acuosa que comprende sulfuro, como en la presente invención.

10 En el proceso de la invención, no se necesitan componentes internos fijos de reactor, tales como tubos de bajada o paredes verticales de separaciones que se extiendan a través de una fracción principal de la altura vertical del reactor, para separar las zonas aireadas y no aireadas, con el fin de crear
15 zonas aireadas y no aireadas que resulten en el flujo hacia arriba y hacia abajo del medio de reacción.

Dentro del contexto de la presente invención, se entiende preferiblemente que el término “no separado de una o más zonas no
20 aireadas por medio de componentes internos de reactor que se extienden verticalmente” se refiere a la ausencia de medios para separar una o más zonas aireadas de una o más zonas no aireadas, por lo cual dichos medios se extienden verticalmente o se presentan exclusivamente en la región del reactor que está por
25 encima de la altura en donde se lleva a cabo la inyección de la solución acuosa que comprende sulfuro en el reactor. De esta manera, el proceso de la invención preferiblemente no excluye la presencia de componentes internos del reactor de altura limitada, tales como deflectores verticales que se ubican en una sección

inferior del reactor que tiene una altura que no excede la altura donde se lleva a cabo la inyección de la solución acuosa que comprende sulfuro en el reactor.

5 Si están presentes dichos componentes internos de reactor de altura limitada, se prefiere que cada uno de dichos componentes internos se extienda sobre menos de 50%, más preferiblemente menos de 40%, incluso más preferiblemente menos de 30%, todavía incluso más preferiblemente menos de 20%, aún más preferiblemente
10 menos de 10% de la altura del reactor (visto desde el extremo inferior de la zona no aireada).

Se ha encontrado que en el proceso de acuerdo con la invención, la dilución de sulfuro de entrada se consigue mucho
15 más rápido que en un reactor con paredes verticales de separaciones para la separación de zonas aireadas y no aireadas.

El proceso de la invención comprende normalmente etapas adicionales d) descargar líquido del reactor y e) separar el
20 azufre elemental y opcionalmente lodos bacterianos del líquido descargado. Preferiblemente el líquido se saca de la parte superior del reactor, por ejemplo, por medios de desbordamiento en el nivel superior del líquido del líquido del reactor. Preferiblemente dichos medios de desbordamiento se encuentran en
25 lugares relativamente tranquilos, es decir, adyacentes a las zonas no aireadas, en lugar de a las zonas aireadas del reactor. Adicionalmente se puede tratar el líquido resultante de la separación del azufre elemental (y posiblemente masa bacteriana), y/o desechar o volver a utilizar como un líquido de proceso. El

azufre elemental se puede ser valorizado como se conoce en la técnica, por ejemplo, para la producción de fertilizantes o para la producción de ácido sulfúrico.

5 El proceso de acuerdo con la invención convenientemente se puede aplicar para eliminar el sulfuro de cualquier solución acuosa que contiene niveles sustanciales de sulfuro, ya sea cuando se produce directamente como tal o como resultado de, por ejemplo, tratamiento anaeróbico de efluentes que contienen
10 sulfato y/o sulfito.

El proceso de la invención es particularmente adecuado para la desulfuración de un líquido acuoso utilizado como un líquido absorbente para la eliminación de compuestos de azufre, en particular sulfuro de hidrógeno, de una corriente de gas.
15

De acuerdo con lo anterior, la invención se relaciona adicionalmente con un proceso para purificar una corriente gaseosa que comprende compuestos de azufre, el proceso comprende
20 las siguientes etapas:

A) poner en contacto la corriente gaseosa que comprende compuestos de azufre con una solución acuosa en donde se disuelven compuestos de azufre para obtener una corriente
25 gaseosa purificada y una solución acuosa que comprende sulfuro;

B) eliminar el sulfuro de la solución acuosa que comprende el sulfuro obtenido en la etapa A) al someter la solución

acuosa a bacterias que oxidan el sulfuro en la presencia de oxígeno en un reactor para oxidar sulfuro a azufre elemental de acuerdo con el proceso como se define más adelante;

5 C) separar azufre elemental de la solución acuosa para obtener una suspensión de azufre y solución acuosa separada; y

D) reciclar la solución acuosa separada a la etapa A).

10 En una realización preferida de la invención, el proceso para eliminar el sulfuro de una solución acuosa de acuerdo con la invención se lleva a cabo en un reactor novedoso que tiene una zona de reacción sin paredes verticales de separación y que comprende medios para suministrar gas que contiene oxígeno
15 molecular en una sección inferior de la zona de reacción en donde solo parte del área de sección transversal de la zona de reacción se proporciona con dichos medios. Adicionalmente, existen puntos de inyección para la solución acuosa que contiene sulfuro en la zona de reacción, en una posición que es más alta que la sección
20 inferior y que está por encima de la parte del área de sección transversal no provista con medios para el suministro de gas que contiene oxígeno molecular.

De acuerdo con lo anterior, la invención se relaciona en un
25 aspecto adicional con un reactor para un proceso para eliminar el sulfuro de una solución acuosa que comprende sulfuro, en donde la solución acuosa se somete a bacterias que oxidan el sulfuro en la presencia de oxígeno para oxidar sulfuro a azufre elemental, el reactor comprende:

- una zona de reacción sin paredes verticales de separación;
- medios para suministrar oxígeno molecular ubicados en una
5 sección inferior de la zona de reacción, en donde se proporciona solo una parte del área de sección transversal de la sección inferior de la zona de reacción con medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular; y
- 10 - medios para inyectar la solución acuosa que comprende sulfuro en la zona de reacción, que se ubican en una sección de la zona de reacción por encima de la sección inferior y en una posición por encima de la parte del área de sección transversal de la sección inferior que no está provista de
15 medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular.

Como se explicó anteriormente, preferiblemente se entiende que una "zona de reacción sin paredes verticales de separación" se refiere a un reactor que no tiene por lo menos componentes
20 verticales internos de reactor para separar zonas aireadas de zonas no aireadas presentes en la sección de la zona de reacción que se encuentra por encima de la posición de los medios para inyectar la solución acuosa que comprende sulfuro en la zona de reacción. Preferiblemente, sustancialmente no se presentan o no
25 hay componentes verticales internos de reactor para separar zonas aireadas de no aireadas sobre la altura completa de la zona de reacción. De esta manera, si hay cualesquier componentes internos del reactor para separar zonas aireadas de no aireadas en la zona de reacción, se prefiere que cada uno de ellos se extienda sobre

menos del 50%, más preferiblemente menos de 40%, incluso más preferiblemente menos de 30%, todavía incluso más preferiblemente menos de 20%, aún más preferiblemente menos de 10% de la altura de la zona de reacción (visto desde el extremo inferior de la zona no aireada).

Resumen de los Dibujos

La Figura 1 muestra esquemáticamente una sección longitudinal central de un reactor que se puede utilizar en el proceso de acuerdo con la invención, que muestra la configuración de los medios para suministro de aire y para suministro de la corriente de carga acuosa que comprende sulfuro dentro del reactor.

En las Figuras 2a, 2b, y 2c se muestra la concentración de sulfuro como una función del tiempo en tres diferentes alturas en el reactor para experimentos de simulación 1 (comparativo), 2 (comparativo), y 3 (de acuerdo con la invención).

Descripción Detallada de la Invención

En el proceso de acuerdo con la invención una solución acuosa que comprende sulfuro se somete a bacterias que oxidan el sulfuro en la presencia de oxígeno en un reactor para oxidar sulfuro a azufre elemental.

El reactor contiene bacterias que oxidan el sulfuro en un medio de reacción acuoso, normalmente la solución acuosa que se va a tratar. El medio acuoso preferiblemente tiene un pH en el rango de 7 a 10 y puede comprender compuestos traza, tales como

por ejemplo hierro, cobre o zinc, como nutrientes para las bacterias que oxidan el sulfuro. Se suministran un gas que contiene oxígeno molecular y una corriente de carga de la solución acuosa al reactor. Se suministra al reactor gas que
5 contiene oxígeno molecular en tal forma que se crean una o más zonas aireadas y una o más zonas no aireadas en el medio acuoso con flujo de líquido hacia arriba en las zonas aireadas y flujo de líquido hacia abajo en las zonas no aireadas. En el proceso de acuerdo con la invención, una o más zonas aireadas no se separan
10 de una o más zonas no aireadas por medio de componentes internos de reactor que se extienden verticalmente, tal como, es el caso por ejemplo en un reactor que comprende los denominados tubos de subida y tubos de bajada.

15 Las zonas aireadas en el medio de reacción hace referencia aquí a zonas con flujo hacia arriba del gas que contiene oxígeno molecular y, como resultado, el flujo hacia arriba promediado en el tiempo del medio de reacción líquido. Las zonas no aireadas hace referencia aquí a zonas sin flujo hacia arriba del gas que
20 contiene oxígeno molecular y el flujo hacia abajo promediado en el tiempo del medio de reacción líquido como resultado del flujo líquido hacia arriba en las zonas aireadas.

Se puede lograr la creación de dichas zonas en un reactor
25 sin paredes verticales de separación por ejemplo al seleccionar cuidadosamente las ubicaciones de suministro de aire, u otro gas que contiene oxígeno molecular, al reactor. En una realización preferida, esto se logra al suministrar el gas que contiene oxígeno molecular a través de medios para suministrar gas que

contiene oxígeno molecular, tales como por ejemplo tubos de aireación, discos o placas, o difusores que se ubican en una sección inferior del reactor. Los medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular se posicionan en dicha sección inferior en la que se suministra el gas que contiene oxígeno molecular a solo una parte del área de sección transversal de la sección inferior del reactor. De esta manera, el movimiento hacia arriba del gas suministrado a la sección inferior resulta en un flujo líquido hacia arriba en una columna vertical por encima del área en la cual se suministra gas y un flujo de líquido hacia abajo en una columna vertical por encima del área en la cual no se suministra gas. De esta manera se crean áreas aireadas y no aireadas en el medio acuoso con flujo de líquido hacia arriba en las zonas aireadas y flujo de líquido hacia abajo en las zonas no aireadas.

Se apreciará que está dentro de las habilidades del experto elegir cuidadosamente las ubicaciones de suministro de aire a un reactor con una zona de reacción sin paredes verticales de separación, en tal forma que se crean zonas aireadas con flujo de líquido hacia arriba y zonas no aireadas con flujo de líquido hacia abajo dentro de la zona de reacción. De forma adecuada, se escogen las ubicaciones de suministro de aire de tal manera que se crean una multitud de zonas aireadas alternantes con flujo de líquido hacia arriba y zonas no aireadas con flujo de líquido hacia abajo dentro de la zona de reacción. En una realización preferida, el reactor contiene ubicaciones de suministro de aire que se disponen de tal manera que por lo menos se crean tres zonas no aireadas con flujo de líquido hacia abajo distintas

separadas por zonas aireadas con flujo de líquido hacia arriba, las zonas no aireadas con flujo de líquido hacia abajo cada una contiene medios para inyectar solución acuosa que comprende sulfuro en dicha zona no aireada por encima de la sección inferior.

En el reactor, puede ocurrir una zona sin flujo de líquido hacia arriba o hacia abajo promediado en el tiempo y con una concentración de oxígeno disuelto que normalmente está entre la concentración de oxígeno disuelto en las zonas aireadas y las zonas no aireadas, respectivamente, por ejemplo en una capa superior de medio de reacción en el reactor, es decir, por encima de una o más zonas aireadas y no aireadas. Esto permitirá que el medio líquido, incluyendo bacterias, pase de una zona aireada (flujo ascendente) a una zona no aireada (flujo descendente). Del mismo modo, dicha zona de flujo no hacia arriba, no hacia abajo, pero principalmente hacia los lados se producirá en la parte inferior del reactor permitiendo que el medio líquido pase de una zona no aireada (flujo descendente) a una zona aireada (flujo ascendente).

La corriente de carga de la solución acuosa que comprende sulfuro se suministra al reactor al inyectar la corriente en una o más zonas no aireadas. El suministro de la corriente de carga que contiene sulfuro se puede hacer mediante cualquier medio adecuado conocido en la técnica, por ejemplo por medio de una o más boquillas de inyección. Con el fin de lograr dilución rápida de la carga de solución acuosa al reactor con el medio acuoso en el reactor, se prefiere utilizar más de un punto de suministro de

la solución acuosa, por ejemplo al suministrar la solución acuosa por medio de uno o más tubos de suministro de carga ubicados en las áreas no aireadas, cada tubo está provisto de boquillas de inyección.

5

Preferiblemente, la solución acuosa se inyecta en el reactor a una altura por encima de la altura a la que se suministra el gas que contiene oxígeno molecular al reactor. Más preferiblemente, la corriente de carga se inyecta a una altura que está en el rango de 20 a 80%, más preferiblemente de 25 a 60%, incluso más preferiblemente de 30 a 50% de la altura total de la zona no aireada (vista desde el extremo inferior de la zona no aireada). Al inyectar la solución acuosa a una altura en los rangos preferidos, se hace uso del flujo de líquido hacia abajo en las zonas no aireadas para dilución rápida de la concentración de sulfuro, mientras que la carga se inyecta en un punto donde la concentración de oxígeno es suficientemente baja para minimizar las reacciones de oxidación abiótica no deseadas. En una sección superior de la zona no aireada, es decir a una altura por encima de 80% de la altura de la zona no aireada, y a un menor grado a una altura por encima de 60% o 50%, la concentración de oxígeno es alta debido a la presencia de burbujas de gas atrapadas con el flujo de líquido hacia abajo en la sección superior de las zonas no aireadas.

25

Preferiblemente, la corriente de carga se inyecta en la zona no aireada en una dirección lejos de la zona aireada más cercana. De acuerdo con lo anterior, el reactor preferiblemente contiene medios para inyectar solución acuosa que comprende sulfuro

dispuestos de tal manera que ocurre inyección en la zona de reacción por encima de la parte del área de sección transversal de la sección inferior que no está provista de medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular y en una dirección
5 lejos del área de sección transversal más cercana de la sección inferior de la zona de reacción que está provista de medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular. Preferiblemente, los medios para inyectar solución acuosa que comprende sulfuro se disponen en la zona de reacción en la que la inyección de dicha
10 solución acuosa que comprende sulfuro ocurre en la dirección hacia abajo, es decir que hace un ángulo de a lo sumo 85° , preferiblemente a lo sumo 60° , más preferiblemente a lo sumo 45° , aún más preferiblemente a lo sumo 30° con el plano vertical, en la dirección de la zona no aireada.

15

Se ha encontrado que el proceso de acuerdo con la invención se puede aplicar ventajosamente en un reactor que tiene una relación de altura a diámetro pequeña. Preferiblemente, el reactor tiene una relación altura a diámetro por debajo de 3,0,
20 más preferiblemente por debajo de 2,0, aún más preferible en el rango de 0,5 a 1,8. La altura del reactor hace referencia aquí a la altura del nivel de medio de reacción acuoso en el reactor, es decir a la altura de la zona de reacción.

25 El reactor puede tener cualquier forma adecuada, preferiblemente el reactor es un reactor cilíndrico que se extiende verticalmente.

La solución acuosa que comprende sulfuro proporcionada en la etapa a) y suministrada al reactor en la etapa c) puede ser cualquier corriente acuosa que comprende sulfuro de la cual se necesita eliminar el sulfuro. Ejemplos de dichas corrientes son líquidos de lavado cargados que se han utilizado para la depuración de una corriente de gas que comprende compuestos de azufre y soluciones cáusticas gastadas.

El sulfuro al que se hace referencia aquí es a cualquier forma de sulfuro, que incluye aniones de sulfuro, iones de sulfuro de mono-hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, polisulfuro, y sulfuros orgánicos tales como mercaptanos de alquilo inferior y disulfuro de carbono.

La concentración de sulfuro en la solución acuosa que se va a tratar no es crítica en el proceso de acuerdo con la invención. Se pueden utilizar corrientes de carga con concentraciones de sulfuro (expresados como azufre) tan altas como 20 gramos por litro o incluso más altas.

Preferiblemente, la concentración de sulfuro en la solución acuosa está en el rango de 10 mg/L a 10 g/L, más preferiblemente de 20 mg/L a 8 g/L, incluso más preferiblemente de 0,1 g/L a 6 g/L, aún más preferiblemente de 0,5 g/L a 3,0 g/L.

En el proceso de acuerdo con la invención se pueden utilizar cualesquier bacterias adecuadas que oxidan el sulfuro. Se conocen en la técnica bacterias adecuadas que oxidan el sulfuro. Se pueden utilizar cualesquier bacterias que oxidan el sulfuro

conocidas en la técnica. Preferiblemente se utilizan las bacterias que oxidan el sulfuro de los géneros *Halothiobacillus*, *Thioalkalimicrobium*, *Thioalkalispira*, *Thioalkalibacter*, *Thioalkalivibrio* y bacterias relacionadas. Se pueden utilizar las
5 bacterias como tales, o se pueden soportar sobre un portador disperso o se pueden inmovilizar sobre un portador sólido.

El gas que comprende oxígeno molecular puede ser cualquier gas adecuado que comprende oxígeno. Preferiblemente, el gas que
10 comprende oxígeno molecular es aire o aire privado de oxígeno, es decir aire que tiene menos de 20% de oxígeno (en volumen), por ejemplo entre 2 y 15% de volumen de oxígeno. Una ventaja de utilizar aire privado de oxígeno es que se puede controlar la operación del reactor en términos de flujo de gas y con ello la
15 circulación líquida independientemente de controlar la concentración de oxígeno en el reactor. Cuando se utilizan aquí, los términos "oxígeno" y "oxígeno molecular" se utilizan intercambiabilmente, a menos que se desprenda del contexto que el oxígeno está en otra forma química.

20

Preferiblemente se suministra gas que contiene oxígeno molecular al reactor en una cantidad tal que una cantidad óptima del reactivo de oxígeno está presente para la reacción de oxidación requerida (suficiente para la oxidación a azufre; no
25 demasiado, con el fin de evitar la formación de sulfato) y que tiene lugar la mezcla suficiente de corriente de carga con el medio acuoso con el fin de diluir rápidamente la concentración de sulfuro en la entrada.

Preferiblemente, el gas que contiene oxígeno molecular se suministra a una velocidad superficial normal en el rango de 0,25 a 8 cm/s, más preferiblemente de 0,8 a 4 cm/s. La velocidad superficial normal hace referencia aquí a la velocidad superficial a condiciones de temperatura y presión estándar, es decir a 0° C y 1 bar (absoluto).

La reacción que oxida el sulfuro en el reactor preferiblemente se lleva a cabo a una temperatura en el rango de 20 a 45° C.

La invención se relaciona adicionalmente con un proceso para purificar una corriente gaseosa que comprende compuestos de azufre, el proceso comprende las siguientes etapas:

- A) poner en contacto la corriente gaseosa que comprende compuestos de azufre con una solución acuosa en donde se disuelven compuestos de azufre para obtener una corriente gaseosa purificada y una solución acuosa que comprende sulfuro;
- B) eliminar el sulfuro de la solución acuosa que comprende el sulfuro obtenido en la etapa A) al someter la solución acuosa a bacterias que oxidan el sulfuro en la presencia de oxígeno en un reactor para oxidar sulfuro a azufre elemental de acuerdo con el proceso para eliminar azufre de una solución acuosa que comprende sulfuro de acuerdo con la invención;
- C) separar azufre elemental de la solución acuosa para obtener una suspensión de azufre y solución acuosa separada; y
- D) reciclar la solución acuosa separada a la etapa A).

La etapa A) es una etapa para lavar una corriente gaseosa que comprende compuestos de azufre tales como sulfuro de hidrógeno, con una solución acuosa en donde se disuelven compuestos de azufre. Dichas etapas de depuración o lavado son bien conocidas en la técnica, por ejemplo del documento WO 92/10270. La solución acuosa puede ser cualquier solución acuosa conocida en la técnica para este propósito. Ejemplos de soluciones preferidas son soluciones de carbonato, bicarbonato o fosfato, más preferiblemente soluciones de carbonato. Particularmente se prefieren las soluciones de carbonato de potasio o sodio, más en particular carbonato de sodio. La solución acuosa utilizada en la etapa a) preferiblemente es una solución regulada con un pH en el rango de 7 a 9.

15

En la etapa A), se obtienen una corriente gaseosa purificada y una solución acuosa que comprende sulfuro. La solución acuosa que comprende sulfuro se somete en la etapa B) a bacterias que oxidan el sulfuro en la presencia de oxígeno en un reactor para oxidar sulfuro a azufre elemental como se ha descrito en más detalle aquí anteriormente.

En la etapa de recuperación de azufre C), se separa el azufre elemental formado en la etapa B) de la solución acuosa. Esto se hace mediante cualesquier medios conocidos en la técnica, tales como por ejemplo por medio de sedimentación u otros medios para separación de sólido-líquido conocidos en la técnica. La solución acuosa separada de azufre elemental en la etapa C) se

25

recicla a la etapa de depuración A), en donde se utiliza de nuevo para disolver compuestos de azufre.

La corriente gaseosa que se va a purificar en el proceso de acuerdo con la invención puede ser cualquier corriente gaseosa que comprende sulfuro de hidrógeno u otros compuestos de azufre reducidos tales como mercaptanos de alquilo inferior o sulfuro de carbonilo. Ejemplos de dichas corrientes gaseosas incluyen biogás, gas natural sulfuroso o gas de síntesis.

10

La invención adicionalmente se relaciona con un reactor que se puede utilizar de forma adecuada en el proceso para eliminación del sulfuro de una solución acuosa de acuerdo con la invención. El reactor comprende:

- 15 - una zona de reacción sin paredes verticales de separación (principales);
- medios para suministrar oxígeno molecular ubicados en una sección inferior de la zona de reacción, en donde se proporciona solo una parte del área de sección transversal de la sección inferior de la zona de reacción con los medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular; y
- 20 - medios para inyectar la solución acuosa que comprende sulfuro en la zona de reacción, que se ubican en una sección de la zona de reacción por encima de la sección inferior y en una posición por encima de la parte del área de sección transversal de la sección inferior que no está provista de medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular.

25

Los medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular en el reactor de acuerdo con la invención preferiblemente es una rejilla de los tubos de aireación, en donde la rejilla se ubica en una sección inferior de la zona de reacción y la rejilla está cubriendo solo parte del área de sección transversal de la zona de reacción. De esta manera, se suministra gas que contiene oxígeno a la parte inferior de la zona de reacción y solo a una parte del área de sección transversal de esa parte inferior, de tal manera que se crean zonas aireadas y no aireadas durante la operación normal del reactor. Preferiblemente, se crean múltiples zonas aireadas y no aireadas alternantes durante operación normal del reactor. De forma adecuada, se ubican los medios para suministrar oxígeno molecular en la sección inferior de la zona de reacción de tal manera que por lo menos se crean dos zonas aireadas con flujo de líquido hacia arriba en columnas verticales por encima de los medios de suministro de gas y se crean por lo menos dos zonas no aireadas, en donde se produce inyección de solución acuosa que comprende sulfuro y flujo de líquido hacia abajo en columnas verticales por encima de la parte del área de sección transversal sin suministro de aire en la sección inferior.

Como se explicó aquí anteriormente, se entiende preferiblemente que una "zona de reacción sin paredes verticales de separación" se refiere a un reactor no que tiene por lo menos componentes internos verticales de reactor para separar zonas aireadas de zonas no aireadas presentes en la sección de la zona de reacción que se encuentra por encima de la posición de los medios para inyectar la solución acuosa que comprende sulfuro en

la zona de reacción. Preferiblemente, sustancialmente no se presentan o no hay componentes verticales internos de reactor entre las zonas aireadas con flujo de líquido hacia arriba en columnas verticales por encima de los medios de suministro de gas y las zonas no aireadas con flujo de líquido hacia abajo en columnas verticales por encima de la parte del área de sección transversal sin suministro de aire, sobre la altura completa de la zona de reacción. De esta manera, si hay cualesquier componentes internos de reactor para separar las zonas aireadas de no aireadas en la zona de reacción, se prefiere que cada una se extienda sobre menos de 50%, más preferiblemente menos de 40%, incluso más preferiblemente menos de 30%, todavía incluso más preferiblemente menos de 20%, aún más preferiblemente menos de 10% de la altura de la zona de reacción (vista desde el extremo inferior de la zona no aireada).

Preferiblemente, la rejilla de los tubos de aireación que cubren solo parte del área de sección transversal de la zona de reacción comprende primeras regiones de tubos de aireación agrupados y segundas regiones desprovistas de tubos de aireación en donde las primeras regiones y segundas regiones se distribuyen de forma alternante sobre la rejilla. En una realización preferida, la rejilla de los tubos de aireación comprende por lo menos dos regiones de tubos de aireación alineados horizontalmente, cada región comprende por lo menos dos tubos de aireación alineados horizontalmente, dicha por lo menos dos regiones de tubos de aireación alineados horizontalmente se intercalan con regiones desprovistas de tubos de aireación.

En una realización preferida alternativa, la rejilla de los tubos de aireación comprende por lo menos dos regiones de tubos de aireación, dichos tubos de aireación que ingresan en el reactor en una sección inferior de la zona de reacción, siguen la curvatura de la pared externa cilíndrica del reactor y salen del reactor en un lado opuesto del lado de entrada, cada región comprende por lo menos dos tubos de aireación, y dichas por lo menos dos regiones de tubos de aireación se intercalan con regiones desprovistas de tubos de aireación.

10

El reactor tiene una altura de reactor y un diámetro de reactor y preferiblemente la relación de altura a diámetro del reactor está por debajo de 3,0, más preferiblemente por debajo 2,0, y preferiblemente la relación está por encima de 0,3, más preferiblemente por encima de 0,4; incluso más preferiblemente la relación está en el rango de 0,5 a 1,8, aún más preferiblemente desde 0,75 hasta 1,5. La altura del reactor y diámetro pueden variar ampliamente, dependiendo principalmente de la capacidad requerida. Por ejemplo, la altura de reactor puede estar entre 1,5 y 20 m y el diámetro de reactor puede estar entre 2 y 25 m.

20

La invención se ilustra adicionalmente por medio de los siguientes dibujos no limitantes.

25 Descripción Detallada de los Dibujos

La Figura 1 muestra esquemáticamente una sección longitudinal central de un reactor que se puede utilizar en el proceso de acuerdo con la invención, que muestra la configuración

de los medios para suministro de aire y para suministro de la solución acuosa que comprende sulfuro en el reactor.

El Reactor 1 contiene medio de reacción acuoso 2 en una zona de reacción definida por la pared del reactor 3 y fondo 4. La zona de reacción no tiene paredes verticales de separación. Los tubos de suministro de aire 5 se ubican en la zona de reacción cerca del fondo del reactor, es decir en una sección inferior del reactor. Los tubos de suministro de aire 5 se posicionan de tal manera que solo una parte del área de sección transversal de la sección inferior del reactor se proporciona con tubos de suministro de aire. Los tubos de suministro de aire 5 cada uno comprende aberturas de entrada de aire (no mostradas) sobre la longitud completa de los tubos. De esta manera, se suministra aire al reactor a solo una parte del área de sección transversal de su sección inferior. Durante operación normal del reactor, dos zonas aireadas A con flujo de líquido hacia arriba se crean en columnas verticales por encima de conductos de suministro de aire 5 y tres zonas no aireadas B se crean en columnas verticales por encima de la parte del área de sección transversal sin conductos de suministro de aire en la sección inferior (uno en el centro del reactor y en los lados del reactor entre la pared del reactor 3 y las zonas aireadas A). Adicionalmente se proporciona el Reactor 1 con tubos de entrada 6 para suministrar una solución acuosa que comprende sulfuro al reactor 1, tubos de entrada de carga 6 se ubican en las zonas no aireadas B a una altura por encima de los tubos de suministro de aire 5. La solución acuosa se inyecta en las zonas no aireadas B en una dirección lejos de la zona aireada más cercana. Las flechas 7 muestran la dirección

de inyección de la solución acuosa de carga en el reactor 1, la circulación de líquido en el reactor de medio acuoso 2 se muestra con la flecha 8. En las zonas aireadas A ocurre flujo hacia arriba del líquido y en las zonas no aireadas B, ocurre flujo hacia abajo del líquido. Por encima de las zonas aireadas A y zonas no aireadas B, existe una zona C en medio acuoso 2 en donde no ocurre flujo hacia arriba o hacia abajo promediado en el tiempo. El reactor estará provisto adicionalmente con una salida de gas en la parte superior del reactor (no mostrada) y con una salida de líquido, por ejemplo como un desbordamiento en el nivel superior del líquido del reactor (no mostrado).

Las Figuras 2a, 2b, y 2c muestran la concentración de sulfuro como una función del tiempo en tres diferentes alturas en el reactor para experimentos de simulación 1 (comparativo), 2 (comparativo), y 3 (de acuerdo con la invención) descritos aquí adelante.

Ejemplos

Con el fin de comparar el proceso de acuerdo con la invención con un proceso utilizando un biorreactor convencional (sin creación de zonas aireadas y no aireadas en el medio de reacción acuoso) y con un proceso en donde se crean zonas aireadas y no aireadas que se separan una de la otra por medio de paredes verticales de separación (un reactor con los denominados tubos de bajada para flujo hacia abajo del medio de reacción), se hacen cálculos de simulación utilizando dinámicas de fluido computacional.

Experimento 1 (comparativo)

En una primera simulación comparativa, se calcula la concentración de sulfuro como una función del tiempo en un biorreactor cilíndrico que se extiende verticalmente convencionalmente (reactor 1) en tres diferentes alturas (a 11%, 44% y 88% de la altura del líquido de reacción en el reactor, vista desde el fondo del reactor). La relación de altura a diámetro del reactor fue 0,95.

En el experimento de simulación, se cargan aire y solución acuosa que contiene sulfuro a la sección inferior del reactor y ambos se suministran uniformemente sobre el área completa de sección transversal del reactor, cada uno a través de tubos de entrada ubicados en el fondo de la zona de reacción. La velocidad del aire superficial es 1,8 normal cm/s. El diámetro de burbuja de aire asumido es 10 mm. Después de un periodo inicial de 60 segundos, un pulso de una solución acuosa con sulfuro se proporciona en tal cantidad que la concentración de equilibrio final de sulfuro en el medio acuoso es 20 mg/l.

Experimento 2 (comparativo)

El experimento de simulación 1 se repite para un reactor con las mismas dimensiones (reactor cilíndrico que se extiende verticalmente con una relación de altura a diámetro de 0,95), pero ahora con cinco tubos de bajada se distribuye uniformemente sobre el área de sección transversal del reactor. El área de sección transversal de bajada total es 12,5% del área de la sección transversal del reactor. La altura de los tubos de subida es 50% de la altura de reactor y los extremos inferiores de los

tubos de subida se posicionan a una distancia igual a 50% del diámetro de tubo de bajada del fondo del reactor. Se carga el aire a la zona de reacción a través de una rejilla de tubos de aireación posicionados en el fondo de la zona de reacción. No se
5 carga aire a la zona de reacción directamente debajo de los tubos de bajada.

La velocidad del aire superficial es 1,8 normal cm/s. El diámetro de burbuja de aire asumido es 10 mm. Después de un
10 periodo inicial de 60 segundos, una solución acuosa con sulfuro se impulsa a cada uno de los tubos de subida cercanos al extremo de cada tubo de bajada en una cantidad tal que la concentración de equilibrio final de sulfuro en el medio acuoso es 20 mg/l.

15 Experimento 3 (de acuerdo con la invención)

El experimento de simulación 1 se repite para un reactor con las mismas dimensiones (reactor cilíndrico que se extiende verticalmente con una relación de altura a diámetro de 0,95), pero ahora con aire solo suministrado a 50% del área de sección
20 transversal de la zona de reacción en una configuración como se muestra en la Figura 1, es decir se suministra aire a dos áreas diferentes del fondo del reactor. La velocidad del aire superficial es 1,8 normal cm/s. El diámetro de burbuja de aire asumido es 10 mm. Después de un periodo inicial de 60 segundos,
25 una solución acuosa con sulfuro se impulsa a dos niveles de altura (a 18% y 28% de la altura de la zona de reacción vista desde el fondo del reactor) en cada una de las zonas no aireadas, es decir en las columnas verticales por encima de las partes del área de sección transversal del reactor no provistas con aire

(zonas B como se muestra en la Figura 1), en una cantidad tal que la concentración de equilibrio final de sulfuro en el medio acuoso es 20 mg/l.

5 Para cada uno de los experimentos 1, 2 y 3, la velocidad de líquido y gas local retenido se simulan en tiempo y se calculan concentraciones de sulfuro como una función del tiempo, a tres diferentes alturas (a 11%, 44% y 88% de la altura de reactor vista desde el fondo) sobre el eje longitudinal central del reactor. Los resultados se muestran en las Figuras 2a, 2b y 2c para los experimentos 1, 2 y 3, respectivamente. En las Figuras 2a, 2b y 2b, la concentración de sulfuro (en mg/litro) se da como una función del tiempo (en segundos). Los conductos A, B, y C proporcionan la concentración de sulfuro a una altura de 11%, 44% y 88%, respectivamente.

Se puede observar que el tiempo de dilución, es decir el tiempo necesario para alcanzar la concentración de equilibrio de sulfuro a través del reactor, es 2,3 veces más corto en el proceso de acuerdo con la invención (experimento 3) que en un proceso utilizando un biorreactor convencional (experimento 1). En comparación con un proceso que utiliza un reactor con tubos de subida (experimento 2), es decir con paredes verticales de separación dentro de la zona de reacción, el tiempo de dilución es 10% más corto.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para eliminar el sulfuro de una solución acuosa que comprende sulfuro, en donde la solución acuosa se somete a bacterias que oxidan el sulfuro en la presencia de oxígeno en un reactor para oxidar sulfuro a azufre elemental, el proceso comprende:
 - a) proporcionar la solución acuosa que comprende sulfuro;
 - b) suministrar un gas que contiene oxígeno molecular al reactor que contiene las bacterias que oxidan el sulfuro en un medio acuoso, de tal manera que se crean una o más zonas aireadas y una o más zonas no aireadas en el medio acuoso con flujo de líquido hacia arriba en las zonas aireadas y flujo de líquido hacia abajo en las zonas no aireadas;
 - c) suministrar una corriente de carga de la solución acuosa que comprende sulfuro al reactor al inyectar la corriente de carga en una o más zonas no aireadas, en donde una o más zonas aireadas no se separan de una o más zonas no aireadas por medio de componentes internos del reactor que se extienden verticalmente.
2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se crean una o más zonas aireadas y una o más zonas no aireadas al suministrar el gas que contiene oxígeno molecular a través de medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular ubicados en una sección inferior del reactor, en donde se suministra el gas que contiene oxígeno molecular a

solo una parte del área de sección transversal de la sección inferior del reactor.

3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 2, en donde los
5 medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular comprenden uno o más tubos de aireación.
4. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las
reivindicaciones precedentes, en donde la solución acuosa
10 que comprende sulfuro se inyecta en una o más zonas no aireadas a una altura por encima de la altura a la que se suministra el gas que contiene oxígeno molecular al reactor.
5. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las
15 reivindicaciones precedentes, en donde la solución acuosa que comprende sulfuro se inyecta en una o más zonas no aireadas en una dirección lejos de la zona aireada más cercana.
- 20 6. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la solución acuosa tiene una concentración de sulfuro en el rango de 0,1 g/L a 6 g/L.
- 25 7. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el gas que contiene oxígeno molecular es aire o aire privado de oxígeno.

8. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el reactor tiene una altura de reactor y un diámetro de reactor y en donde la relación de altura a diámetro del reactor está en el rango de 0,5 a 1,8.
9. El proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde se suministra el gas que contiene oxígeno molecular al reactor a una velocidad superficial normal en el rango de 0,8 a 4 cm/s.
10. Un proceso para purificar una corriente gaseosa que comprende compuestos de azufre, el proceso comprende las siguientes etapas:
- A) poner en contacto la corriente gaseosa que comprende compuestos de azufre con una solución acuosa en donde se disuelven compuestos de azufre para obtener una corriente gaseosa purificada y una solución acuosa que comprende sulfuro;
 - B) eliminar el sulfuro de la solución acuosa que comprende sulfuro obtenido en la etapa A) al someter la solución acuosa a bacterias que oxidan el sulfuro en la presencia de oxígeno en un reactor para oxidar sulfuro a azufre elemental de acuerdo con el proceso de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes;
 - C) separar azufre elemental de la solución acuosa para obtener una suspensión de azufre y solución acuosa separada; y
 - D) reciclar la solución acuosa separada a la etapa A).

11. Un reactor adecuado para un proceso para eliminar el sulfuro de una solución acuosa que comprende sulfuro, en donde la solución acuosa se somete a bacterias que oxidan el sulfuro en la presencia de oxígeno para oxidar sulfuro a azufre elemental, el reactor comprende:

- una zona de reacción sin paredes internas verticales de separación;
- medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular ubicados en una sección inferior de la zona de reacción, en donde se proporciona solo una parte del área de sección transversal de la sección inferior de la zona de reacción con los medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular; y
- medios para inyectar la solución acuosa que comprende sulfuro en la zona de reacción, que se ubican en una sección de la zona de reacción por encima de la sección inferior y en una posición por encima de la parte del área de sección transversal de la sección inferior que no está provista de medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular.

12. El reactor de acuerdo con la reivindicación 11, en donde los medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular se posicionan de tal manera que el movimiento hacia arriba del gas suministrado a la sección inferior resulta en un flujo líquido hacia arriba en una columna vertical por encima del área en la cual se suministra gas y un flujo de líquido hacia abajo en una columna vertical por encima del

área en la cual no se suministra gas , creando de esta manera áreas aireadas y no aireadas en el medio acuoso con flujo de líquido hacia arriba en las zonas aireadas y flujo de líquido hacia abajo en las zonas no aireadas.

5

13. El reactor de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, en donde los medios para inyectar solución acuosa que comprende sulfuro se ubican de tal manera que ocurre inyección en una dirección lejos del área de sección transversal más cercana de la sección inferior de la zona de reacción que se proporciona con los medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular.

10

14. El reactor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en donde los medios para suministrar gas que contiene oxígeno molecular es una rejilla de tubos de aireación.

15

15. El reactor de acuerdo con la reivindicación 14, en donde la rejilla de tubos de aireación comprende primeras regiones de tubos de aireación agrupados y segundas regiones desprovistas de tubos de aireación en donde dichas primeras regiones y segundas regiones se distribuyen de forma alternativa sobre la rejilla.

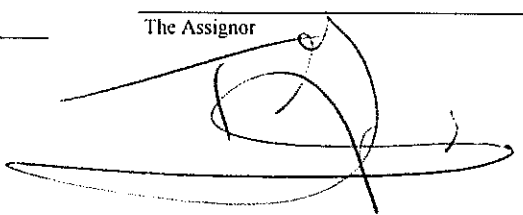
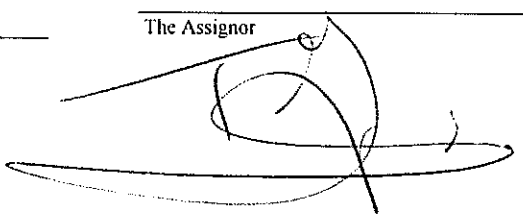
20

25

Clarke, Modet & C^o

COLOMBIA

E-MAIL: info@clarkemodet.com.co
SANTAFÉ DE BOGOTÁ, A.A. 92397 COLOMBIA

CESION	ASSIGNMENT
El (la) abajo firmante (En adelante EL CEDENTE)	The undersigned (Hereinafter THE ASSIGNOR)
VAN ZESSEN, Erik en su carácter de inventor /diseñador con domicilios en: Sponturf 11, NL-8447 DX Heerenveen, Holanda	VAN ZESSEN, Erik Inventor /designor of domiciled at Sponturf 11, NL-8447 DX Heerenveen, The Netherlands
JORNA, Antonius Johannes en su carácter de inventor /diseñador con domicilios en: Todos con domicilio en: De Mieden 26, NL-8561 ER Balk, Holanda	JORNA, Antonius Johannes Inventor /designor of domiciled at De Mieden 26, NL-8561 ER Balk, The Netherlands
VELLINGA, Sjoerd Hubertus Jozef en su carácter de inventor /diseñador con domicilios en: Todos con domicilio en: Pastoriesingel 23 8458 CP Tjalleberd, Holanda	VELLINGA, Sjoerd Hubertus Jozef Inventor /designor of domiciled at Pastoriesingel 23, NL-8458 CP Tjalleberd, The Netherlands
DIJKMAN, Hendrik en su carácter de inventor /diseñador con domicilios en: Todos con domicilio en: Geeuwkade 19, NL-8651 AA IJlst, Holanda	DIJKMAN, Hendrik Inventor /designor of domiciled at Geeuwkade 19, NL-8651 AA IJlst, The Netherlands
por el presente documento declara que cede todos y cada uno de los derechos que le corresponden o puedan corresponderle sobre la siguiente invención , modelo de utilidad, diseño industrial No PCT/NL2014/050660	do hereby declares that it assigns all and each of his rights and privileges on the following invention, industrial design, utility model No PCT/ NL2014/050660
a: PAQUES I.P. B.V.	to PAQUES I.P. B.V
con domicilio en Tjalke de Boerstrjitte 24, NL-8561 EL Balk, Holanda	with domicile in Tjalke de Boerstrjitte 24, NL-8561 EL Balk, The Netherlands
En prueba de la mutua aceptación de esta cesión ambas partes CEDENTE y CESIONARIO firman el presente documento.	As a proof of the mutual acceptance of this assignment, both parties ASSIGNOR and ASSIGNEE sign the present document.
Dado y firmado en A los Días de De	Granted and signed at on this 27 day of January of 2016
 _____ VAN ZESSEN, Erik El Cedente	 _____ VAN ZESSEN, Erik The Assignor
 _____ JORNA, Antonius Johannes El Cedente	 _____ JORNA, Antonius Johannes The Assignor

VELLINGA, Sjoerd Hubertus Jozef

El Cedente

VELLINGA, Sjoerd Hubertus Jozef

The Assignor

DIJKMAN, Hendrik

El Cedente

DIJKMAN, Hendrik

The Assignor



El Cesionario

PAQUES I.P. B.V.

BOCKEN, Stephan Michel (CEO)



The Assignee

PAQUES I.P. B.V.

BOCKEN, Stephan Michel (CEO)

(10) International Publication Number
WO 2015/047091 A1(43) International Publication Date
2 April 2015 (02.04.2015)

(51) International Patent Classification:

C01B 17/05 (2006.01) *C02F 3/34* (2006.01)
C01B 17/06 (2006.01) *C02F 3/22* (2006.01)
B01D 53/84 (2006.01)

(21) International Application Number:

PCT/NL2014/050660

(22) International Filing Date:

26 September 2014 (26.09.2014)

(25) Filing Language:

English

(26) Publication Language:

English

(30) Priority Data:

13186184.1 26 September 2013 (26.09.2013) EP

(71) Applicant: **PAQUES I.P. B.V.** [NL/NL]; Tjalke de Boer-
strjitte 24, NL-8561 EL Balk (NL).(72) Inventors: **VAN ZESSEN, Erik**; Sponturf 11, NL-8447
DX Heerenveen (NL). **JORNA, Antonius Johannes**; De
Mieden 26, NL-8561 ER Balk (NL). **VELLINGA, Sjoerd**
Hubertus Jozef; Pastoriestingel 23, NL-8458 CP Tjalle-berd (NL). **DIJKMAN, Hendrik**; Geeuwkade 19, NL-
8651 AA IJlst (NL).(74) Agent: **NEDERLANDSCH OCTROOIBUREAU**; J.W.
Frisolaan 13, NL-2517 JS The Hague (NL).

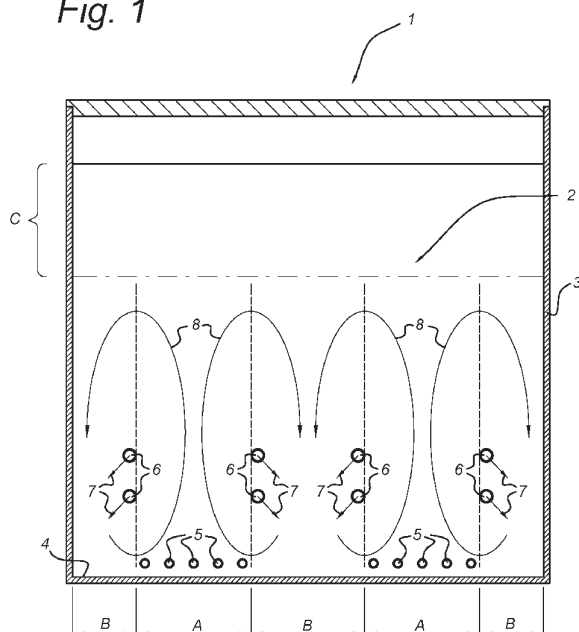
(81) **Designated States** (*unless otherwise indicated, for every kind of national protection available*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Designated States** (*unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

[Continued on next page]

(54) Title: A PROCESS FOR REMOVING SULPHIDE FROM AN AQUEOUS SOLUTION

Fig. 1



(57) **Abstract**: The invention relates to a process for removing sulphide from an aqueous solution comprising sulphide, wherein the aqueous solution is subjected to sulphide-oxidising bacteria in the presence of oxygen in a reactor to oxidise sulphide to elemental sulphur, the process comprising: a) providing the aqueous solution comprising sulphide; b) supplying a molecular-oxygen containing gas to the reactor containing the sulphide-oxidising bacteria in an aqueous medium, such that one or more aerated zones and one or more non-aerated zones are created in the aqueous medium with upward liquid flow in the aerated zones and downward liquid flow in the non-aerated zones; c) supplying a feed stream of the aqueous solution comprising sulphide to the reactor by injecting the feed stream in the one or more non-aerated zones, wherein the one or more aerated zone(s) are not separated from the one or more non-aerated zone(s) by means of vertically extending reactor internal. The invention further relates to a process for removing sulphide from an aqueous solution comprising sulphide using such process and to a reactor suitable to be used in such process.



DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, **Published:**

LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,

GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— *with international search report (Art. 21(3))*

Clarke, Modet & C^o

COLOMBIA

Carrera 11 N° 86-53 Piso 6 Bogotá Colombia Tel: (57 1) 6181088 -Fax: (57 1) 6350824 Email: info@clarkemodet.com.co

PODER

Yo (nosotros), abajo firmante(s) Stephan Michel (CEO)

en mi (nuestro) carácter de representante(s) legales de

PAQUES I.P. B.V.

una sociedad organizada y existente de acuerdo con las leyes de

y en actual cumplimiento de su objeto social, con domicilio **Tjalke de Boerstrjitte 24, NL-8561 EL Balk, Holanda**

por el presente instrumento confiero poder especial a favor de **CAROLINA MERCEDES DAZA MONTALVO**, con Cédula de Ciudadanía No. 66.783.790 de Palmira Valle, y tp. 141563 con domicilio en Bogotá, Colombia, para que actuando en nombre del (de la) otorgante le (la) representen ante cualquier entidad, autoridad y/o persona, especialmente ante las del orden Administrativo, Contencioso Administrativo, Judicial, Tribunales de Arbitramento y/o cualquier otro en lo referente a los siguientes asuntos:

- 1) Solicitar, tramitar, obtener y/o registrar cualquiera de las modalidades de Propiedad Industrial, tales como: patentes de invención, modelos de utilidad; diseños industriales, variedades vegetales; marcas, lemas, nombres y enseñanzas comerciales y denominaciones de origen; así como sus renovaciones, prórrogas, transferencias, cambios de nombre y/o domicilio, contratos y licencias.
- 2) Solicitar, tramitar, obtener y/o registrar derechos de autor, en cualquiera de sus presentaciones así como la protección de secretos industriales y know-how.
- 3) Solicitar, tramitar, obtener y/o registrar registros sanitarios, permisos y/o licencias de funcionamiento; así como sus renovaciones o prórrogas, transferencias, cambios de nombre y/o domicilio, contratos y licencias.
- 4) Ejercer acciones de oposición, observación, reclamos, reconsideración, reposición, apelación, cancelación administrativa o judicial, nulidad, protección al consumidor, concesión de licencias, protección de secretos industriales y demás acciones y recursos relacionados con derechos derivados de los asuntos arriba indicados y en contra de la competencia desleal, acciones derivadas de la obtención o explotación de licencias, acciones de indemnización de perjuicios. También podrá(n) intervenir en juicios civiles, comerciales, penales, contencioso-administrativos, tutelas y de policía; en acciones o juicios promovidos por el (la) mandante o en contra el (ella).
- 5) Registrar nombres de dominio ante la entidad competente.
- 6) En el ejercicio de este mandato los mandatarios arriba mencionados quedan facultados para: conciliar, cancelar, transigir, comprometer en árbitros, desistir, recibir y tomar posesión de la cosa objeto de litigio y renunciar o desistir a derechos concedidos o en curso de concesión, admitir los hechos del proceso.
- 7) Ratificar o no la agencia oficiosa.
- 8) Así mismo faculto a los mencionados apoderados para recibir notificaciones y designar apoderados judiciales o extrajudiciales, sustituir el presente poder y revocar las sustituciones que hicieren.

Dado y firmado en

a los días de

POWER OF ATTORNEY

I (we), the undersigned BOCKEN, Stephan Michel (CEO)

legal representative(s) of

PAQUES I.P. B.V.

an organization existing under the laws of

and in present execution of its business activity, domiciled at **Tjalke de Boerstrjitte 24, NL-8561 EL Balk, The Netherlands**

do hereby grant POWER OF ATTORNEY to **CAROLINA MERCEDES DAZA MONTALVO**, identification card No. 66.783.790 of Palmira Valle, and tp. 141563 residing in Bogotá Colombia, to act in behalf of grantor before any entity, authority and/or natural or juridical person, specially before those Administrative, Administrative-Contentious, Judicial, arbitration courts, and/or any other, in all matters concerning the following:

- 1) To apply, process, obtain and/or register any of the modalities of Industrial Property, such as: Patents of Invention, Utility Models; Designs, plant varieties; Marks, Slogans, Trade Names and emblems and appellations of Origin; as well as their renewals, assignments, changes of name and/or domicile, agreements and licenses.
- 2) To apply, process, obtain and/or register copyrights of any kind as well as protection of industrial secrets or know-how.
- 3) To apply, process, obtain and/or register sanitary registrations, operating authorizations and/or licenses; as well as their renewals or assignments, changes of name and/or domicile, agreements and licenses.
- 4) To bring actions of opposition, observations, claims, reconsideration, appeal or legal remedies, cancellations, nullity, protection to the consumer, granting of licenses, protection of trade secrets and other actions related with rights derived from the above-mentioned matters and against the unfair competition, actions resulting from the obtaining or exploitation of licenses, recovering damages actions. They can also intervene or participate in Civil, Commercial, Criminal or Contentious-Administrative Trials; the actions for writ mandamus, police actions; in actions, lawsuits or litigations instituted by the grantor or against him.
- 5) To register domain names before the competent entity.
- 6) To the effect of this mandate the above-named proxy are empowered to: conciliate, cancel, settle, submit to arbitration, withdraw and to receive and take possession of the litigation related objet and waive or renounce the rights granted or in process of granting, admit the facts of the case.
- 7) To ratify or not the officious agency.
- 8) I hereby appoint the afore mentioned attorneys with powers to receive notifications and to designate judicial and extrajudicial attorneys, substitute this Power of Attorney and to revoke such substitutions.

Granted and signed at

on this 25 day of January of 2016


Firma / signature

P6047828PCT/CO

UN PROCESO PARA ELIMINAR EL SULFURO DE UNA SOLUCIÓN ACUOSA**Resumen**

5 La invención se relaciona con un proceso para eliminar el sulfuro de una solución acuosa que comprende sulfuro, en donde la solución acuosa se somete a bacterias que oxidan el sulfuro en la presencia de oxígeno en un reactor para oxidar sulfuro a azufre elemental, el proceso comprende: a) proporcionar la solución
10 acuosa que comprende sulfuro; b) suministrar un gas que contiene oxígeno molecular al reactor que contiene las bacterias que oxidan el sulfuro en un medio acuoso, de tal manera que se crean una o más zonas aireadas y una o más zonas no aireadas en el medio acuoso con flujo de líquido hacia arriba en las zonas
15 aireadas y flujo de líquido hacia abajo en las zonas no aireadas; c) suministrar una corriente de carga de la solución acuosa que comprende sulfuro al reactor al inyectar la corriente de carga en una o más zonas no aireadas, en donde una o más zonas aireadas no se separan de una o más zonas no aireadas por medio del reactor
20 interno que se extiende verticalmente. La invención adicionalmente se relaciona con un proceso para eliminar el sulfuro de una solución acuosa que comprende sulfuro utilizando dicho proceso y con un reactor adecuado que se va a utilizar en dicho proceso.

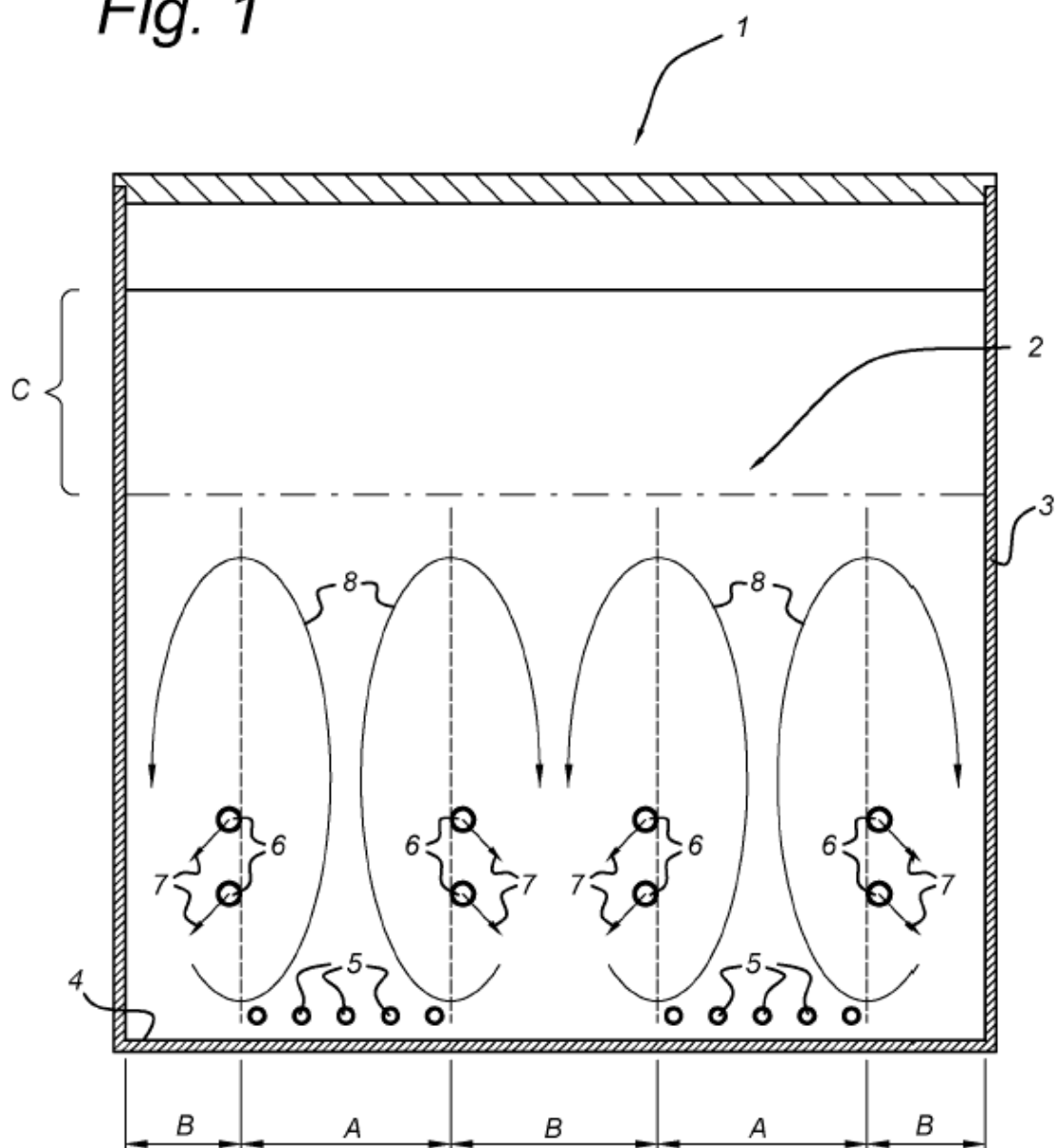
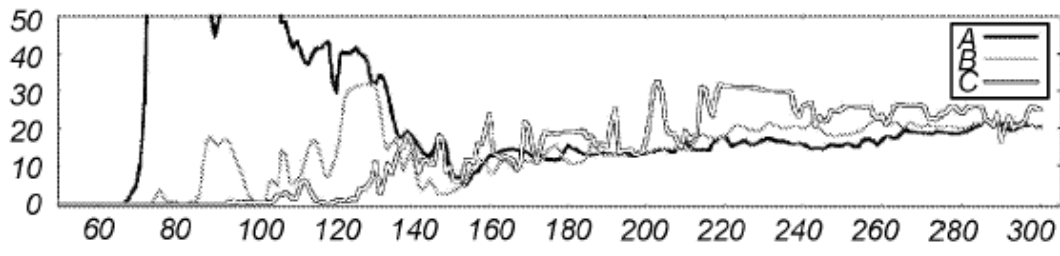
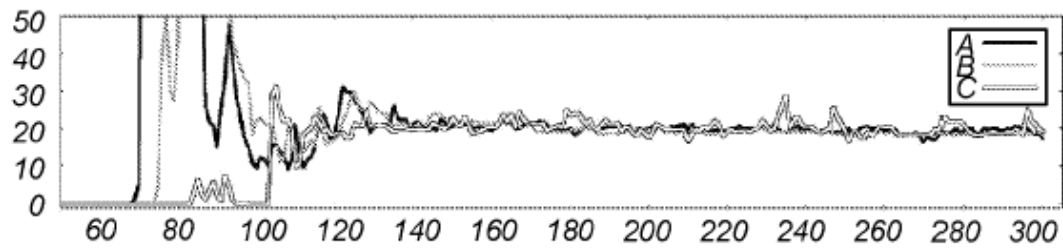
Fig. 1

Fig. 2a*Fig. 2b**Fig. 2c*