

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 205**

51 Int. Cl.:

C12M 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2010 E 10737944 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 2462217**

54 Título: **Biorreactor con un revestimiento de silicona**

30 Prioridad:

07.08.2009 DE 102009028338

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

21.05.2015

73 Titular/es:

**WACKER CHEMIE AG (100.0%)
Hanns-Seidel-Platz 4
81737 München, DE**

72 Inventor/es:

**MÜLLER-REES, CHRISTOPH y
PFALLER, RUPERT**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

Observaciones :

Véase nota informativa (Remarks) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 536 205 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

Biorreactor con un revestimiento de silicona

5 El invento se refiere a un biorreactor, que está provisto de un revestimiento inhibidor de la vegetación, a un procedimiento para el equipamiento de biorreactores con un revestimiento inhibidor de la vegetación, así como a la utilización de unas siliconas para el equipamiento de biorreactores con un revestimiento inhibidor de la vegetación.

10 El problema planteado por una cultivación rentable de microorganismos fotótrofos (microalgas, cianobacterias, bacterias púrpuras) a gran escala técnica no ha sido resuelto hasta ahora debido a las problemáticas del abastecimiento con luz, de la conducción y realización monoséptica del cultivo así como del aumento de la escala. Un sistema patrón universal para la cultivación de microorganismos fotótrofos a la gran escala técnica no está a disposición hasta ahora. Entre varios múltiplos de 10.000 representantes de los microorganismos fotótrofos hoy en día se producen en grandes cantidades solamente algunas pocas docenas, siendo producidos éstos en la mayoría
15 de los casos en unos sistemas abiertos, no exentos de contaminaciones. Las condiciones de cultivación de los microorganismos fotótrofos, que son producidos a la escala piloto (experimental) en unos reactores cerrados, no pueden ser mantenidas constantes hasta la fecha a lo largo de un prolongado período de tiempo, puesto que los microorganismos fotótrofos, que se forman en una fase de cultivación, se depositan junto a las paredes de los reactores, lo que conduce a unas fluctuaciones de la cantidad de luz que se incorpora en el medio de cultivo así como a una mezcladura a fondo inconstante del medio de cultivo. Las deposiciones de algas son provocadas con frecuencia durante la cultivación por unas condiciones estresantes (p.ej. por una cizalladura), cuyas causas pueden ser unas condiciones incontroladas de crecimiento (p.ej. la luz, la temperatura en el caso de unos reactores de cuba abierta [en inglés "Open-Pond"] así como en el caso de unos reactores cerrados) de los microorganismos o la inducción de la producción de unos materiales valiosos por los organismos fotótrofos (p.ej. astaxantina, beta-carotina).
20
25

A partir del documento de solicitud de patente internacional WO 2008/055190 A2 se conoce un fotobiorreactor cerrado para la cultivación de algas. Como materiales se emplean un vidrio o unos materiales sintéticos tales como un polietileno, un PET o un policarbonato. En el documento de solicitud de patente alemana DE 10 2005 025 118 A1 se describe el desprendimiento de microorganismos con respecto de las superficies de biorreactores mediante ultrasonidos. En los documentos de solicitudes de patentes de los EE.UU. US 2003/0073231 A1 y US 2007/0048848 A1, las deposiciones se eliminan con ayuda de unos medios mecánicos, por ejemplo con unos cepillos. En este caso se trata de unos procedimientos relativamente costosos, que no son escalables (aumentables de escala) de una manera arbitraria. En el documento DE 44 16 069 A1 se recomienda proveer de una superficie lisa a unas fibras conductoras de la luz, que se emplean para la iluminación de los biorreactores. El documento US 2008/0311649 A1 propone aumentar la velocidad de circulación del medio que contiene las algas en unos biorreactores tubulares, con el fin de evitar la deposición de las algas. En este contexto resulta desventajoso el hecho de que los parámetros de la cultivación ya no son ajustables independientemente, en lo que respecta a la velocidad de circulación.
30
35

40 En el documento WO 2008/132196 A1 se recomiendan unos copolímeros que se reticulan que están constituidos a base de poliorganosiloxanos y polioxialquilenos como un revestimiento contra las incrustaciones (en inglés anti-fouling) en el sector marino, en particular para el revestimiento de un metal o respectivamente de un hormigón, por ejemplo, en cascos de barcos, boyas y plataformas petrolíferas marinas. Además, en esta publicación se discuten el documento de patente británica GB 1307001, que describe el revestimiento de cascos de barcos con unas resinas de siliconas para la evitación de la vegetación, y el documento de patente de los EE.UU. US 3702778, que describe el revestimiento de cascos de barcos con un caucho de silicona. A partir del documento WO 2008/132196 A1 se puede deducir que en ambos casos solamente se consigue una eficaz evitación de la vegetación con una relativamente alta velocidad de circulación junto al casco de barco. Para la evitación de la infestación sobre unas construcciones subacuáticas, en el documento WO 01/94487 A2 se recomienda disponer unas redes poliméricas interpenetrantes (en inglés "Interpenetrating Polymer Networks") que están constituidas sobre la base de unas siliconas terminadas con silanoles y de unos siloxanos funcionalizados con alcoxi, en común con dos agentes separables, de los que por lo menos uno ha sido injertado sobre la matriz de vidrio. Los revestimientos de siliconas son descritos en este documento como inestables en un entorno marino, con la desventaja de que el revestimiento tiene que ser renovado con frecuencia. En la cita bibliográfica Biofouling [Incrustación biológica], 2007, 23(1), 55-62, se recomienda aplicar unas capas de pintura aplicadas contra las incrustaciones, que están constituidas sobre la base de una silicona, sobre cascos de barcos en determinados modelos. Las capas de pintura aplicadas, que contienen solamente unas siliconas, son descritas como no inherentemente inhibidoras de la vegetación. En el documento WO 2008/145719 A1 se emplean unas piezas moldeadas transparentes de materiales sintéticos con LEDs (acrónimo del inglés "light emitting diode" = diodo emisor de luz) para la iluminación de los fotorreactores. De manera preferida, para esto se utilizan unas piezas moldeadas, en las que los LEDs están encerrados en un cuerpo moldeado de silicona.
50
55
60

En el documento US 2007/0048859 A1 se describe un fotobiorreactor, cuyos tubos están provistos por su lado interno de un revestimiento hidrófobo contra las incrustaciones.

65

Ante este antecedente, subsistía la misión de mejorar a unos biorreactores destinados a la cultivación de microorganismos en el sentido de que se evite ampliamente la infestación con microorganismos junto a las piezas o partes del reactor, que entran en contacto con el medio de cultivación, y de que una vegetación, que ha aparecido eventualmente, pueda ser eliminada sin un elevado gasto. La solución del problema no debería influir negativamente sobre la calidad del producto, debería ser aumentable de escala, y debería ser empleable de una manera universal independientemente de los parámetros del proceso que se requieren para la cultivación.

Es un objeto del invento un biorreactor para la cultivación de organismos fotótrofos en un medio acuoso de cultivación, cuyas piezas o partes del reactor y/o estructuras internas del reactor, que entran en contacto con el medio de cultivación, están revestidas, total o parcialmente, con una capa de silicona, teniendo la superficie de la capa de silicona un ángulo de contacto con el agua de por lo menos 100°.

El biorreactor se adecua para la cultivación de unos macro- o microorganismos fotótrofos. Por el concepto de "organismos fotótrofos" se designan en este caso los que necesitan para el crecimiento luz y dióxido de carbono, o eventualmente todavía otra fuente de carbono. Ejemplos de unos macroorganismos fotótrofos son unas macroalgas, unas plantas, unos musgos y unos cultivos de células vegetales. Ejemplos de unos microorganismos fotótrofos son unas bacterias fotótrofas, tales como las bacterias púrpuras y unas microalgas fotótrofas inclusive las cianobacterias. De manera preferida, el biorreactor sirve para la cultivación de unos microorganismos fotótrofos, de manera especialmente preferida para la cultivación de unas microalgas fotótrofas.

En el caso del biorreactor se puede tratar de un reactor cerrado o de un reactor abierto, en cada caso con un diseño de forma arbitrario. En el caso de los reactores abiertos pueden pasar a emplearse, por ejemplo, unas tinajas o las denominadas "open ponds" (cubas abiertas) o "raceway ponds" (cubas de circuito de carreras). Como biorreactores se prefieren unos reactores cerrados. En el caso de los biorreactores cerrados se puede tratar, por ejemplo, de unos biorreactores de placas, unos biorreactores tubulares, unos biorreactores de columnas (de burbujas) o unos biorreactores de mangueras. Los biorreactores de placas se componen de unas placas que tienen una forma paralelepípedica, dispuestas verticalmente o inclinadas, estando unido un gran número de placas para formar un sistema de reactores de mayor tamaño. Los biorreactores tubulares se componen de un sistema de tubos, que puede estar dispuesto vertical- u horizontalmente o en unos ángulos arbitrarios entre estas posiciones, pudiendo el sistema tubular ser muy largo, de manera preferida de hasta varios cientos de kilómetros. El medio de cultivación es transportado en este caso a través del sistema tubular, de manera preferida por medio de unas bombas o mediante el principio de elevación neumática (en inglés airlift). El biorreactor de columna se compone de un recipiente cilíndrico cerrado, que está llenado con el medio de cultivación. En los casos de los biorreactores de este tipo se introduce una mezcla constituida a base de aire y dióxido de carbono o también a base de dióxido de carbono, procurando la columna ascendente de burbujas la mezcladura a fondo del medio de cultivación. En el caso de los reactores de mangueras se trata de un sistema de reactores, que se compone de una única manguera con una longitud arbitraria o de un gran número de mangueras con una longitud arbitraria.

Los biorreactores son fabricados de manera preferida a base de unos materiales transparentes o translúcidos. Por el concepto de "unos materiales transparentes" se entienden los que dejan pasar a su través por lo menos un 80 % de la luz en la región espectral de 400 nm a 1.000 nm. Por el concepto de "unos materiales translúcidos" se entienden los que dejan pasar a su través por lo menos un 50 % de la luz en la región espectral de 400 nm a 1.000 nm. Por ejemplo, un vidrio o unos materiales sintéticos tales como un poli(metacrilato de metilo) (plexiglás), un poliéster tal como un PET, un policarbonato, una poliamida, un poliestireno, un polietileno, un polipropileno y un poli(cloruro de vinilo). En el caso de los fotobiorreactores no transparentes se pueden emplear los mencionados materiales sintéticos, pero también un acero o respectivamente un acero inoxidable. Los volúmenes de los reactores se pueden escoger de una manera arbitraria.

Por el concepto de "piezas o partes de reactores" se entienden las paredes de los reactores inclusive el fondo del reactor y el cubrimiento del reactor así como los elementos conferidores de estructura en el medio de cultivo, tales como p.ej. unos elementos rompedores de la circulación. A las paredes de los reactores les corresponden, en el caso de los reactores tubulares, de placas y de mangueras, los tubos, las placas y las mangueras.

Los biorreactores están provistos de unas construcciones internas de reactores. Por ejemplo, para el llenado y el abastecimiento con sustancias nutrientes, ellos están provistos de unas conducciones de entrada y, para la separación y el vaciado del producto, de unas conducciones de salida. Para el enfriamiento y el calentamiento, los biorreactores pueden estar provistos eventualmente de unos dispositivos de calentamiento o refrigeración tales como unos intercambiadores de calor. Por lo demás, los biorreactores pueden contener todavía unas disposiciones de agitación y unas bombas para la mezcladura a fondo. En muchos casos, los biorreactores están provistos todavía de unas disposiciones para la iluminación artificial. Otros ejemplos de disposiciones del reactor son unos equipos de medición y control para la vigilancia del funcionamiento.

Una siliconas adecuadas para el equipamiento de los biorreactores con un revestimiento inhibidor de la vegetación son, por ejemplo, unas siliconas que se reticulán por condensación (cauchos de siliconas), unas siliconas que se reticulán mediante una reacción de adición (cauchos de siliconas), unos polímeros híbridos de siliconas, unas resinas de siliconas y/o unos geles de siliconas, siempre y cuando que la superficie de sus películas tenga un ángulo

de contacto con el agua de por lo menos 100°. Se prefieren unas siliconas transparentes o translúcidas. Por el concepto de "siliconas transparentes" se entienden en este caso unas siliconas cuyas películas, en la forma de un revestimiento con un espesor de capa de 10 µm, dejan pasar a su través por lo menos un 80 % de la luz en la región espectral de 400 nm a 1.000 nm. Por el concepto de "siliconas translúcidas" se entienden aquéllas cuyas películas, en la forma de un revestimiento con un espesor de capa de 10 µm, dejan pasar a su través por lo menos un 50 % de la luz en la región espectral de 400 nm a 1.000 nm.

Unos sistemas de cauchos de siliconas que se reticulan por condensación contienen

- a) unos organopolisiloxanos que contienen grupos extremos capaces de condensación,
- b) eventualmente por cada molécula por lo menos tres compuestos orgánicos de silicio, que tienen unos grupos hidrolizables unidos con el silicio,
- c) unos catalizadores de condensación.

Unos adecuados cauchos de siliconas reticulados, que se reticulan por medio de una reacción de condensación, son unos sistemas de 1 componente que se reticulan a la temperatura ambiente, los denominados cauchos de siliconas RTV-1. En el caso de los cauchos de siliconas RTV-1 se trata de unos organopolisiloxanos con unos grupos extremos capaces de condensación, que se reticulan a la temperatura ambiente en presencia de unos catalizadores mediante condensación. Los más habituales son unos dialquil-polisiloxanos que tienen la estructura $R_3SiO[-SiR_2O]_n-SiR_3$ con una longitud de cadena de $n > 2$. Los radicales alquilo R pueden ser iguales o diferentes y tienen por lo general de 1 hasta 4 átomos de C y pueden eventualmente estar sustituidos. Los radicales alquilo R pueden también ser reemplazados parcialmente por otros radicales, de manera preferida por unos radicales arilo, que eventualmente están sustituidos, y siendo los grupos alquilo (arilo) R intercambiados parcialmente por unos grupos capaces de reticularse por condensación, por ejemplo unos radicales de alcohol (sistema de alcoxi), de acetato (sistema de ácido acético), de amina (sistema de amina) o de oxima (sistema de oxima). La reticulación es catalizada mediante unos apropiados catalizadores, por ejemplo unos catalizadores de estaño o de titanio.

Unos adecuados cauchos de siliconas reticulados, que se reticulan por una reacción de condensación, son también unos sistemas de 2 componentes que se reticulan a la temperatura ambiente, los denominados cauchos de siliconas RTV-2. Los cauchos de siliconas RTV-2 se obtienen mediante una reticulación por condensación de unos organopolisiloxanos sustituidos múltiples veces con grupos hidroxilo, en presencia de ciertos ésteres de ácido silícico. Como agentes reticulantes se pueden emplear también unos alquil-silanos con grupos alcoxi (sistema de alcoxi), de oxima (sistema de oxima), de amina (sistema de amina) o de acetato (sistema de ácido acético) que se reticulan en presencia de unos apropiados catalizadores de condensación, por ejemplo unos catalizadores de estaño o titanio con los poli(dialquil-siloxanos) terminados en grupos hidroxilo.

Ejemplos de los poli(dialquil-siloxanos) que están contenidos en los cauchos de siliconas RTV-1 y RTV-2 son los que tienen la fórmula $(OH)R_2SiO[-SiR_2O]_n-SiR_2(OH)$ con una longitud de cadena de $n > 2$, pudiendo los radicales alquilo R ser iguales o diferentes, y teniendo los radicales R el significado más arriba indicado. De manera preferida, los poli(dialquil-siloxanos) contienen unos grupos OH terminales, que se reticulan a la temperatura ambiente con los ésteres de ácido silícico o con el sistema de un alquil-silano y un catalizador de estaño (titanio) a la temperatura ambiente.

Ejemplos de los alquil-silanos que tienen grupos hidrolizables, que están contenidos en unos cauchos de siliconas RTV-1 y RTV-2, son los que tienen la fórmula $R_aSi(OX)_{4-a}$, con $a = 1$ hasta 3 (de manera preferida 1), y con X en el significado de R' (sistema de alcoxi), $C(O)R'$ (sistema de ácido acético), $N=CR'_2$ (sistema de oxima) o NR'_2 (sistema de amina), significando R' un radical hidrocarbilo monovalente con 1 hasta 6 átomos de carbono.

Unos cauchos de siliconas que se reticulan mediante una reacción de adición a la temperatura ambiente, contienen

- a) unos compuestos orgánicos de silicio, que tienen unos radicales con enlaces múltiples de carbono-carbono alifáticos,
- b) eventualmente, unos compuestos orgánicos de silicio con átomos de hidrógeno unidos con Si o, en lugar de a) y b),
- c) unos compuestos orgánicos de silicio, que tienen unos radicales con enlaces múltiples de carbono-carbono alifáticos y átomos de hidrógeno unidos con Si,
- d) la reacción por adición de hidrógeno unido con Si a unos catalizadores que favorecen la formación de enlaces múltiples alifáticos y
- e) eventualmente unos agentes o medios que retrasan la reacción por adición de hidrógeno unido a Si con un enlace múltiple alifático a la temperatura ambiente.

Unos adecuados cauchos de siliconas que se reticulan mediante una reacción de adición son unos sistemas de 1 componente que se reticulan a la temperatura ambiente, unos denominados cauchos de siliconas RTV-1 que se reticulan mediante una reacción de adición, unos sistemas de 2 componentes que se reticulan a la temperatura ambiente, unos denominados cauchos de siliconas RTV-2 que se reticulan mediante una reacción de adición, o

también unos sistemas de múltiples componentes que se reticulan a la temperatura ambiente. La reacción de reticulación puede en tal caso ser iniciada catiónicamente, por medio de unos correspondientes catalizadores, o por radicales, mediante unos peróxidos, o mediante una radiación, en particular una radiación de UV, o térmicamente.

5 Los cauchos de siliconas RTV-2 que se reticulan mediante una reacción de adición, se obtienen mediante una reticulación, catalizada con catalizadores de Pt, de unos organopolisiloxanos sustituidos con unos grupos múltiples veces insaturados etilénicamente, de manera preferida unos grupos vinilo, con unos organopolisiloxanos sustituidos múltiples veces con grupos Si-H en presencia de unos catalizadores de platino.

10 De manera preferida, uno de los componentes se compone de unos dialquil-polisiloxanos que tienen la estructura $R_3SiO[-SiR_2O]_n-SiR_3$ con $n \geq 0$, teniendo los radicales R el significado arriba indicado. Por lo general R es un radical alquilo con 1 hasta 4 átomos de C, pudiendo los radicales alquilo ser reemplazados, total o parcialmente, por unos radicales arilo tales como el radical fenilo, y siendo reemplazado en un extremo o en ambos extremos uno de los radicales R situados en los extremos por un grupo polimerizable tal como el grupo vinilo. Asimismo, en parte, unos radicales R en la cadena de siloxano, también en combinación con los radicales R de los grupos extremos, pueden ser reemplazados por grupos polimerizables. De manera preferida se emplean unos poli(dimetil-siloxanos) que están bloqueados en los extremos con vinilo, que tienen la estructura $(CH_2=CH_2)-R_2SiO[-SiR_2O]_n-SiR_2-(CH_2=CH_2)$.

15 El segundo componente contiene un agente reticulante con funciones Si-H. Los poli(alquil-hidrógeno-siloxanos) usualmente utilizados son unos copolímeros de dialquil-polisiloxanos y de poli(alquil-hidrógeno-siloxanos) que tienen la fórmula general $R''_3SiO[-SiR_2O]_n-[SiHRO]_m-SiR''_3$ con $m \geq 0$, $n \geq 0$ y con la condición de que deben estar contenidos por lo menos dos grupos SiH, pudiendo R'' tener el significado de H o de R. Existen por lo tanto unos agentes reticulantes con grupos SiH situados en los lados y situados en los extremos, mientras que los siloxanos con R'' = H, que solamente poseen grupos SiH situados en los extremos, también se pueden utilizar todavía para la prolongación de las cadenas. Como un catalizador de reticulación están contenidas pequeñas cantidades de un compuesto orgánico de platino.

20 En los últimos tiempos, son obtenibles en el comercio además todavía unos cauchos de siliconas especiales, que son reticulados mediante la descrita reacción de adición, activando por medios térmicos y/o fotoquímicos a unos especiales compuestos complejos de platino o respectivamente sistemas de platino y un agente inhibidor, y catalizando por consiguiente a la reacción de reticulación.

25 Unos materiales apropiados son también unos polímeros híbridos de siliconas. Los polímeros híbridos de siliconas son unos copolímeros o copolímeros por injerto de unos bloques de polímeros orgánicos, por ejemplo de poliuretano, poliurea o poli(ésteres vinílicos), y de unos bloques de siliconas, que por lo general están constituidos sobre la base de poli(dialquil-siloxanos) con la especificación antes mencionada. Por ejemplo, unos polímeros híbridos de siliconas, termoplásticos, se describen en los documentos de patentes europeas EP 1412416 B1 y EP 1489129 B1, cuya divulgación a este respecto debe de ser también un objeto de esta solicitud. Tales polímeros híbridos de siliconas se designan como elastómeros de siliconas termoplásticos (TPSE). Unos materiales apropiados son también unos materiales híbridos de siliconas que se reticulan (por condensación o radiación), tal como se describen en el documento WO 2006/058656, cuyos datos a este respecto deben de ser también objeto de esta solicitud.

30 Unas resinas de siliconas son asimismo unos materiales apropiados para la producción del revestimiento transparente o translúcido. Por lo general, las resinas de siliconas contienen unas unidades de la fórmula general $R_b(RO)_cSiO_{(4-b-c)/2}$, en donde b es igual a 0, 1, 2 ó 3, c es igual a 0, 1, 2 ó 3, con la condición de que b+c ha de ser ≤ 3 , y R tiene el significado indicado más arriba para él, que constituyen una red de órgano-silicona reticulada en alto grado. Las resinas de siliconas pueden pasar a emplearse exentas de disolventes, con un contenido de disolventes o como sistemas acuosos. Además de esto, se pueden emplear también unas resinas de siliconas funcionalizadas p.ej. con grupos epoxi o amino.

35 Unos geles de siliconas son asimismo unos materiales apropiados para la producción del revestimiento transparente o translúcido. Estos geles de siliconas se producen a partir de dos componentes moldeables por colada, que a la temperatura ambiente se reticulan en presencia de un catalizador. Uno de los componentes se compone por lo general de unos dialquil-polisiloxanos que tienen la estructura $R_3SiO[-SiR_2O]_n-SiR_3$, con $n \geq 0$ y R tiene el significado más arriba indicado, por lo general con 1 hasta 4 átomos de C en el radical alquilo, pudiendo los radicales alquilo ser reemplazados, total o parcialmente, por unos radicales arilo tales como el radical fenilo, y en uno o en ambos extremos uno de los radicales R situados en los extremos es reemplazado por un grupo polimerizable tal como el grupo vinilo. Asimismo, en parte, algunos radicales R en la cadena de siloxano, también en combinación con los radicales R de los grupos extremos, pueden ser reemplazados por grupos polimerizables. De manera preferida se emplean unos poli(dimetil-siloxanos) que están bloqueados en los extremos con vinilo, que tienen la estructura $(CH_2=CH_2)-R_2SiO[-SiR_2O]_n-SiR_2-(CH_2=CH_2)$.

40 El segundo componente contiene un agente reticulante con funciones Si-H. Los poli(alquil-hidrógeno-siloxanos) utilizados usualmente son unos copolímeros que están constituidos a base de dialquil-polisiloxanos y de poli(alquil-hidrógeno-siloxanos) que tienen la fórmula general $R''_3SiO[-SiR_2O]_n-[SiHRO]_m-SiR''_3$ con $m \geq 0$, $n \geq 0$ y con la

- condición de que por lo menos deben estar contenidos dos grupos SiH, pudiendo R" tener el significado de H o R. Existen por consiguiente unos agentes reticulantes con grupos SiH situados en posiciones laterales y en posiciones extremas, mientras que unos siloxanos con R" = H, que poseen solamente grupos SiH situados en los extremos, también se pueden utilizar todavía para la prolongación de las cadenas. Como un catalizador de reticulación están contenidas pequeñas cantidades de un compuesto orgánico de platino. Mediante la mezcladura de los componentes se desencadena la reacción de reticulación y se forma el gel. Esta reacción de reticulación puede ser acelerada mediante la acción de calor y/o por medio de una radiación electromagnética, de manera preferida una radiación de UV.
- 5
- 10 Una recopilación detallada acerca de siliconas, sus propiedades químicas, su formulación y sus propiedades de uso se encuentra por ejemplo en la obra de Winnacker/Küchler, "Chemische Technik: Prozesse und Produkte, Band 5: Organische Zwischenverbindungen, Polymere" [Química técnica: procesos y productos, Tomo 5: compuestos intermedios orgánicos, polímeros], páginas 1095-1213, Wiley-VCH Weinheim (2005).
- 15 Es esencial para la inhibición o respectivamente la evitación de la infestación con microorganismos la morfología de la superficie del revestimiento de silicona. La morfología de la superficie es determinada a través del ángulo de contacto de esta superficie con el agua. El ángulo de contacto conforme al invento es ajustado por medio de la elección conforme al invento de los materiales de siliconas. Preferiblemente, se prescinde de adoptar otras medidas técnicas adicionales para la elevación del ángulo de contacto, por ejemplo una asperización de la superficie (p.ej. para la imitación del denominado efecto del loto). Una tal asperización puede perturbar, en efecto, a la cultivación de los microorganismos fotótrofos. Son preferidas unas superficies con unos ángulos de contacto comprendidos entre 100° y 120°, son especialmente preferidas unas superficies con unos ángulos de contacto comprendidos entre 100° y 115°, y son muy especialmente preferidas unas superficies con unos ángulos de contacto comprendidos entre 100° y 113°. La determinación del ángulo de contacto de la superficie del revestimiento de silicona con relación al agua puede efectuarse mediante unos métodos conocidos por un experto en la especialidad, por ejemplo de acuerdo con la norma DIN 55660-2, mediando empleo de unos aparatos de medición obtenibles en el comercio para la determinación del ángulo de contacto, por ejemplo los sistemas de medición de ángulos de contacto que son obtenibles de la entidad Krüss.
- 20
- 25
- 30 Las piezas o partes del reactor, que entran en contacto con el medio de cultivación, en particular los lados interiores de las paredes del reactor, son revestidas, total o parcialmente, de manera preferida totalmente, con las mencionadas siliconas. En una forma de realización preferida, las estructuras internas del reactor son revestidas también, total o parcialmente, con siliconas. Las siliconas se aplican en forma líquida, ya sea en forma de una sustancia pura, como una solución o en una emulsión acuosa. De manera preferida, la viscosidad del líquido que se ha de aplicar para producir el revestimiento es de 10 mPas a 300.000 mPas.
- 35
- A las siliconas no se les añade ningún material aditivo, que pueda ser puesto en libertad desde el revestimiento, tal como es el caso en los sistemas marinos contra las incrustaciones. La aplicación puede efectuarse mediante las técnicas usuales, preferiblemente por extensión con brocha, atomización, inmersión, aplicación con rasqueta o moldeado por colada. Se prefieren especialmente en el presente caso la aplicación por inmersión y la aplicación por atomización. Sin embargo para producir el revestimiento de los tubos se pueden usar también todavía otros procedimientos tales como p.ej. los de aplicación con esponjas, centrifugación, extrusión o respectivamente extrusión con cabeza transversal, así como para superficies planas, adicionalmente todavía una aplicación por medio de un revestimiento con cilindros, un revestimiento con rodillos o una impregnación por un solo lado.
- 40
- 45 La aplicación se efectúa de manera preferida directamente sobre las piezas o partes del reactor o respectivamente sobre las estructuras internas del reactor, sin la aplicación de una capa imprimadora. Por lo general, el espesor del revestimiento es de 10 nm a 1.000 µm, de manera preferida de 1 µm a 100 µm. Eventualmente, las piezas o partes del reactor que se han de revestir pueden ser tratadas previamente con el fin de mejorar la adhesión de las siliconas, por ejemplo mediante un tratamiento por efecto corona. Eventualmente, las siliconas pueden contener unos aditivos usuales para la promoción de la adhesión o unos materiales de carga usuales para el mejoramiento de las propiedades mecánicas. Estos aditivos se emplean de manera preferida como máximo en unas cantidades tales que el revestimiento de silicona permanece transparente o respectivamente translúcido.
- 50
- 55 Unos organismos que se adhieren eventualmente a las superficies revestidas pueden ser eliminados entre los ciclos de cultivación por riego, por ejemplo, con agua, etanol o H₂O₂, sin ningún tratamiento mecánico.
- Los fotobiorreactores que están revestidos conforme al invento con una silicona minimizan la deposición de los organismos fotótrofos que se forman, de tal manera que las condiciones de circulación del medio de cultivación permanecen constantes, y la cantidad introducida de luz permanece ajustada al crecimiento máximo de los organismos que han de ser cultivados. Además de ello, se obtiene una minimización del gasto de limpieza entre los ciclos individuales de cultivación así como en el caso de un cambio de los organismos fotótrofos que han de ser cultivados. Esto conduce a unas esenciales ventajas económicas debido a unos más breves períodos de tiempo de parada y a un gasto de limpieza más pequeño.
- 60
- 65

5 Frente a los habituales revestimientos que contienen siliconas, desprendedores de las incrustaciones (en inglés “foul
release”, tales como los que se emplean por ejemplo para el revestimiento de cascos de barcos, las siliconas
empleadas conforme al invento se distinguen por el hecho de que se renuncia a unas sustancias desprendedoras,
que han de ser puestas en libertad desde el revestimiento (p.ej.) un aceite de silicona. Además de esto, se puede
renunciar a la aplicación de unas capas intermedias (de capas de fondo) para una mejor adherencia y unas mejores
propiedades mecánicas de las recetas empleadas en los revestimientos desprendedores de las incrustaciones. La
realización de unos ángulos de contacto con agua que tienen unos valores de por lo menos 100°, mediante el
empleo de unos correspondientes materiales de silicona, reduce por un lado la reacción de adición de agua sobre la
superficie de silicona, por otro lado también se mantienen apartadas de la superficie unas sustancias disueltas en el
10 agua, que resultan p.ej. por situaciones de estrés durante la cultivación de las algas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Biorreactor producido a base de un material escogido entre el conjunto que se compone de un vidrio, un poli(metacrilato de metilo), un poliéster, un policarbonato, una poliamida, un poliestireno, un polietileno, un poli(cloruro de vinilo), un acero y un acero inoxidable, para la cultivación de organismos fotótrofos en un medio de cultivación acuoso, cuyas piezas o partes del reactor, que entran en contacto con el medio de cultivación, están revestidas, total o parcialmente, con una capa de silicona, teniendo la superficie de la capa de silicona un ángulo de contacto con el agua de por lo menos 100°.
- 10 2. Biorreactor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el biorreactor es un reactor cerrado.
3. Biorreactor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el biorreactor es un biorreactor de placas, un biorreactor tubular, un biorreactor de columna (de burbujas) o un biorreactor de mangueras.
- 15 4. Biorreactor de acuerdo con las reivindicaciones 1 hasta 3, caracterizado por que el biorreactor se produce a base de unos materiales transparentes o translúcidos.
- 20 5. Biorreactor de acuerdo con la reivindicación 1 hasta 4, caracterizado por que las piezas o partes del reactor son revestidas con una capa de silicona transparente o translúcida.
- 25 6. Biorreactor de acuerdo con las reivindicaciones 1 hasta 5, caracterizado por que la capa de silicona contiene una o varias siliconas escogidas entre el conjunto que se compone de unos elastómeros de siliconas que se reticulan por condensación, unos elastómeros de siliconas que se reticulan mediante una reacción de adición, unos polímeros híbridos de siliconas, unas resinas de siliconas así como unos geles de siliconas.
- 30 7. Procedimiento para el equipamiento de biorreactores con un revestimiento inhibidor de la vegetación, realizándose que el biorreactor, junto a las piezas del reactor que entran en contacto con el medio de cultivación, es revestido, total o parcialmente, con una capa de silicona y la superficie de la capa de silicona tiene un ángulo de contacto con el agua de por lo menos 100°.
8. Utilización de unas siliconas, cuyas superficies, al ser aplicadas como una película, tienen un ángulo de contacto con el agua de por lo menos 100°, para el equipamiento de unos biorreactores con un revestimiento inhibidor de la vegetación.