



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 303 528**

(51) Int. Cl.:

B01J 19/12 (2006.01)

B01J 19/18 (2006.01)

B01J 19/10 (2006.01)

B01J 19/08 (2006.01)

C02F 1/30 (2006.01)

B01F 13/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **01935341 .6**

(86) Fecha de presentación : **10.05.2001**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1289648**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **12.03.2003**

(54) Título: **Proceso químico asistido por ondas electromagnéticas.**

(30) Prioridad: **10.05.2000 US 202906 P**
27.06.2000 US 214538 P

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.08.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.08.2008

(73) Titular/es: **Kreido Laboratories**
1140 Avenida Acaso
Camarillo, California 93012, US

(72) Inventor/es: **Holl, Richard, A.**

(74) Agente: **García-Cabrerizo y del Santo, Pedro María**

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

Procesado químico asistido por ondas electromagnéticas.

5 **Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere al procesado de materiales que implica una acción o acciones o reacción o reacciones químicas y/o físicas de un componente o entre componentes. Más específicamente, la presente invención usa irradiación de componentes en un reactor para procesar continuamente cantidades relativamente grandes de materiales.

2. Antecedentes generales y estado de la técnica

15 Se conocen aparatos para procesar los materiales compuestos por cilindros coaxiales que giran uno respecto a otro alrededor de un eje común, suministrándose los materiales a procesar al espacio anular entre los cilindros. Por ejemplo, la Patente de Estados Unidos Nº 5.370.999 expedida el 6 de diciembre de 1994 a Colorado State University Research Foundation describe procesos para el procesado con alta cizalla de una biomasa fibrosa inyectando una suspensión de la misma en un flujo de Couette turbulento creado en un “dispositivo rotor-estator de alta frecuencia”, teniendo este
20 dispositivo una cámara anular que contiene un estator fijo equipado con un anillo dentado coaxial que coopera con un anillo dentado coaxial opuesto acoplado al rotor. La Patente de Estados Unidos Nº 5.340.891 expedida el 23 de agosto de 1994 a Nippon Saint Co., Ltd., describe procesos para polimerización de emulsión continua en la que una solución que contiene el material polimerizable se suministra al espacio anular entre cilindros rotatorios relativamente coaxiales.

25 Las Patentes de Estados Unidos Nº 5.279.463 expedida el 18 de enero de 1994 y 5.538.191 expedida el 23 de julio de 1996 ambas del mismo solicitante que la presente invención, describen métodos y aparatos para tratamiento de material a alta cizalla, un tipo de aparato compuesto por un rotor que gira dentro de un estator para proporcionar un pasaje de flujo anular.

30 Se conoce en la técnica cómo procesar sustancias en forma de líquidos, sólidos, gases o diversas combinaciones de los tres aplicando energía en forma de, por ejemplo, calor, luz visible, ultravioleta o infrarroja así como oscilaciones de presión longitudinal, microondas y radiaciones con rayos X o gamma. Es habitual usar radiación para aumentar las velocidades de reacción o esterilizar sustancias para consumo humano, por ejemplo.

35 Las microondas provocan el calentamiento por dos métodos principales: polarización dipolar y conducción. Cuando la frecuencia de las microondas aumenta, por ejemplo de aproximadamente 2,5 GHz encontrado en un horno microondas doméstico típico a quizás 20 GHz, los efectos de las microondas aumentan debido a la mayor eficacia de absorción. Sin embargo, la profundidad de penetración de la radiación disminuye según aumenta la frecuencia, el agua en un recipiente abierto que es transparente a la radiación por microondas hervirá en un horno microondas de 2,5 GHz en aproximadamente 3 minutos. A 20 GHz el agua hervirá teóricamente en 2 a 3 segundos. Sin embargo, a esta alta frecuencia la profundidad de penetración de las microondas es muy pequeña quizás del orden de 3,2 mm (1/8 pulgadas). El volumen interior de la solución está sin tratar. En aplicaciones domésticas, la frecuencia elegida para los hornos microondas es de aproximadamente 2,5 GHz, que proporciona una eficacia limitada de absorción. Una mayor
40 frecuencia aumentaría la absorción y, de esta manera, el calentamiento aunque la profundidad de penetración disminuiría. Las partes externas de los materiales se calentarían mucho aunque el volumen interior se calentaría muy poco. En otras palabras, las menores frecuencias promueven un calentamiento más uniforme a través de todo el volumen aunque la elevación de temperatura es a una velocidad relativamente lenta.

50 La radiación por microondas puede aumentar las velocidades de reacción varios cientos de veces cuando se aplican a ciertos procesos químicos. Típicamente, las sustancias se ponen en recipientes de reacción que después se ponen dentro de hornos microondas que funcionan a longitudes de onda o frecuencias preseleccionadas. Cuando la radiación de microondas entra en los materiales dentro del reactor, la presión y el calor aumentan y la reacción química se potencia. El procesado tiene lugar en lotes relativamente pequeños y como tal, no es posible para la producción de
55 cantidades industriales de materiales procesados. No ha habido un reactor asistido por microondas práctico que pueda producir cantidades relativamente grandes de materiales en un proceso continuo.

60 En el procesado de cantidades industriales de reactantes químicos sería preferible aplicar radiación electromagnética de alta frecuencia a través del volumen esencialmente al mismo tiempo, en lugar de justo a la profundidad de penetración de la radiación. Esto reduciría la posibilidad de reacciones no homogéneas dando como resultado la producción de subproductos indeseables o resultados provocados por un calentamiento y mezcla no uniforme.

65 Sabe también cómo usar luz ultravioleta para esterilizar sustancias para consumo humano. En un sistema, tubos emisores ultravioletas se ponen en un tanque de agua contaminada con patógenos tales como virus o bacterias. Las distancias entre los tubos se calculan de manera que cualquier patógeno en el tanque estará suficientemente cerca de los tubos para recibir una dosis letal de radiación. Sin embargo, los tubos se cubren rápidamente con cieno u otros contaminantes, reduciendo la radiación ultravioleta emitida a un nivel donde algunos patógenos pueden sobrevivir conduciendo a posibles enfermedades o muerte cuando se consume el agua.

El documento US-A-5300019 describe un sistema y método para tratar un fluido que lleva un contaminante biológico al que se ha unido un material fotoactivo incluyendo un dispositivo de tratamiento que define un pasaje de flujo con un hueco. El sistema y método funcionan para establecer un flujo de fluido desde el extremo de entrada del hueco al extremo de salida del hueco. El sistema y método expone el fluido según transita por el hueco a una fuente de radiación que activa el material foto activo unido al contaminante. El sistema y método mezclan también el fluido según fluye dentro del hueco.

Es deseable proporcionar un método y aparato para irradiar cantidades relativamente grandes de materiales rápidamente y minuciosamente.

Sumario de la invención

Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar un método, un aparato y un medio para irradiar cantidades relativamente grandes de materiales rápidamente y minuciosamente. Esto se consigue realizando un método que tiene las características descritas en la reivindicación 1 y en las reivindicaciones dependientes de la misma. La invención se refiere especialmente, aunque no exclusivamente, a procesos que modifican materiales o compuestos en solución o suspensión.

El material se mezcla y una reacción química o biológica se controla por la introducción o retirada de energía en cualquier forma, incluida la energía en forma de calor, luz visible, ultravioleta o infrarroja, así como oscilaciones de presión longitudinal, microondas y radiaciones con rayos X y gamma. La energía puede ser irradiación con onda electromagnética de cualquier frecuencia.

El método para procesar materiales de la presente invención puede incluir: hacer pasar los materiales a procesar en una trayectoria de flujo a través de un pasaje de procesamiento anular entre dos superficies suaves espaciadas cercanas provistas con un aparato cilíndrico con miembros respectivos interno y externo, al menos uno de los cuales rota relativamente respecto al otro e irradiando los materiales en el pasaje de procesamiento con energía de procesamiento a través de una pared de uno de los dos miembros. La energía aplicada al pasaje de procesamiento puede ser, por ejemplo, energía electromagnética de frecuencia de microondas, luz, rayos X, radiación gamma y vibraciones longitudinales ultrasónicas. Los miembros del aparato cilíndrico pueden girar relativamente entre sí alrededor de ejes longitudinales respectivos que son coaxiales entre sí de manera que el espaciado radial de las dos superficies es circunferencialmente constante entre los mismos. Los miembros del aparato pueden moverse para producir una velocidad lineal entre sus superficies operativas entre sí de al menos 0,5 metros por segundo. Una o ambas superficies puede recubrirse con material catalítico que potencia al menos una reacción química, bioquímica y biocida en el pasaje de procesamiento. Los miembros del aparato cilíndrico giran entre sí alrededor de ejes longitudinales paralelos, orientados horizontal o verticalmente. El miembro externo permanece sustancialmente estacionario mientras que el miembro interno gira produciendo una velocidad lineal entre sus superficies operativas entre sí. La energía de procesamiento que irradia los materiales en el pasaje de procesamiento puede pasar a través de la pared del miembro externo y puede entrar en el pasaje de procesamiento a través de al menos una ventana en la pared del miembro externo. La energía de procesamiento puede ser energía electromagnética producida por al menos un tubo microondas conectado al menos a un puerto en la pared del miembro externo que conduce a al menos una ventana en la pared del miembro externo. La frecuencia de la energía electromagnética puede incluir todo el espectro de las ondas electromagnéticas, incluyendo el espectro entre 2,5 GHz y 50 GHz. La energía de procesamiento puede ser también irradiación con luz introducida en el pasaje de procesamiento anular a través de al menos una guía de luz láser. La energía de procesamiento puede producirse al menos mediante un transductor. La rotación relativa produce remolinos en los materiales a procesar. La altura del pasaje de procesamiento anular puede ser menor que la profundidad de penetración de la energía electromagnética en los materiales a procesar. Pueden producirse remolinos en los materiales que hagan circular las moléculas de los materiales a procesar pasada al menos una ventana para proporcionar una exposición sustancialmente uniforme a nivel molecular de los materiales a procesar. El material a procesar puede ser sustancialmente opaco a la energía de procesamiento y los remolinos pueden hacer circular los materiales a procesar pasada la energía de procesamiento para proporcionar una renovación superficial de manera que las moléculas de los materiales a procesar se exponen sustancialmente uniformemente a la energía de procesamiento. Los materiales a procesar pueden incluir una combinación de gas y líquido; un líquido y un sólido; o un gas líquido y sólido, por ejemplo. La altura del pasaje de procesamiento anular puede ser suficientemente pequeña para que los miembros del aparato cilíndrico puedan girar entre sí suficientemente rápido de manera que el gas se emulsiona en el líquido para producir una emulsión gas/líquido, aumentando de esta manera el contacto interfacial entre el gas y el líquido. También, la altura del pasaje de procesamiento anular puede ser suficientemente pequeña para que los miembros del aparato cilíndrico puedan girar entre sí lo suficientemente rápido y las dos superficies suaves espaciadas próximas puedan ser suficientemente suaves de manera que los materiales a procesar estén esencialmente libres de vórtices de Taylor. Los materiales a procesar pueden irradiarse entonces para facilitar una reacción en el material esencialmente libre de vórtices de Taylor.

Los aparatos para procesar materiales adecuados para la presente invención pueden incluir dos miembros de aparato cilíndrico montados para rotación entre sí que definen dos superficies suaves espaciadas próximas que proporcionan un pasaje de procesamiento anular que constituye una trayectoria de flujo para el material y una fuente de energía para aplicar energía de procesamiento al pasaje de procesamiento a través de una pared de los dos miembros. La energía aplicada al pasaje de procesamiento puede ser, por ejemplo, cualquier energía electromagnética de frecuencia de microondas, luz, rayos X, radiación gamma y vibraciones longitudinales ultrasónicas. Los miembros del aparato cilíndrico pueden montarse para girar entre sí alrededor de ejes longitudinales respectivos que son coaxiales entre sí, de manera que

el espaciado radial de las dos superficies es circunferencialmente constante entre los mismos. Los miembros del aparato pueden moverse para producir una velocidad lineal entre sus superficies operativas entre sí de al menos 0,5 metros por segundo. Una o ambas superficies pueden recubrirse con material catalítico que potencia al menos una reacción química, bioquímica y biocida en el pasaje de procesado. Los miembros de aparato cilíndrico pueden rotar entre sí alrededor de ejes longitudinales paralelos, orientados horizontal o verticalmente. El miembro externo puede permanecer sustancialmente estacionario mientras que el miembro interno gira produciendo una velocidad lineal entre sus superficies operativas entre sí. La energía de procesado puede irradiar los materiales en el pasaje de procesado que pasa a través del miembro externo de la pared. Puede haber al menos una ventana en la pared del miembro externo a través de la que la energía de procesado entra al pasaje de procesado e irradia los materiales. La energía de procesado puede ser energía electromagnética producida por al menos un tubo microondas conectado a al menos un puerto en la pared del miembro externo que conduce a al menos una ventana en la pared del miembro externo. La frecuencia de la energía electromagnética puede incluir todo el espectro de ondas electromagnéticas incluyendo el espectro entre 2,5 GHz y 50 GHz. La energía de procesado puede ser irradiación con luz introducida en el pasaje de procesado anular a través de al menos una guía de luz láser. Al menos un transductor puede producir la energía de procesado. La rotación relativa puede producir remolinos en los materiales a procesar. La altura del pasaje de procesado anular puede ser menor que la profundidad de penetración de la energía electromagnética en los materiales a procesar. Los remolinos pueden producirse en los materiales para hacer circular las moléculas de los materiales a procesar pasada al menos una ventana para proporcionar una exposición sustancialmente uniforme a un nivel molecular de los materiales a procesar. El material a procesar puede ser sustancialmente opaco a la energía de procesado. Los remolinos pueden producirse en los materiales para hacer circular los materiales a procesar pasada la energía de procesado para proporcionar una renovación a la superficie de manera que las moléculas de los materiales a procesar se exponen de una forma sustancialmente uniforme a la energía de procesado. Los materiales a procesar pueden incluir un gas y un líquido, la altura del pasaje del procesado anular puede ser suficientemente pequeña para que los miembros del aparato cilíndrico puedan girar entre sí lo suficientemente rápido de manera que el gas se emulsiona en el líquido para producir una emulsión gas/líquido, aumentando de esta manera el contacto interfacial entre el gas y el líquido; y la emulsión gas/líquido puede irradiarse con la energía de procesado a través de una pared de uno de los dos miembros para facilitar una reacción entre el gas y el líquido. La altura del pasaje de procesado anular puede ser suficientemente pequeña para que los miembros del aparato cilíndrico puedan girar entre sí lo suficientemente rápido y las dos superficies suaves espaciadas próximas pueden ser suficientemente suaves de manera que los materiales a procesar estén esencialmente libres de vórtices de Taylor; y los materiales a procesar pueden irradiarse con la energía de procesado a través de una pared de uno de los dos miembros para facilitar una reacción en el material esencialmente libre de vórtices de Taylor.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una sección transversal parte en alzado, parte longitudinal a través de un sistema de procesado de material completo que muestra cómo se aplica la energía externa al sistema para potenciar y/o facilitar el procesado;

La Figura 2 es una sección transversal a través de un aparato de procesado como se muestra en la Figura 1 para mostrar los miembros cilíndricos y su relación entre sí y que muestra un puerto que conduce a una ventana en el miembro cilíndrico externo; y

La Figura 3 es una sección transversal similar a la de la Figura 3 a través del aparato en el que los ejes longitudinales del estator y el rotor pueden desplazarse para dar lugar a un pasaje anular que varía en anchura radial alrededor de su circunferencia.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención

En un reactor 8 ilustrado en las Figuras 1 y 2, un primer reactante (reactante A) se suministra desde un tanque de suministro 10 a través de una bomba de dosificación 12 a la entrada 14, mientras que un segundo reactante (reactante B) se suministra desde un tanque de suministro 16 mediante una bomba dosificación 18 a la misma entrada 14. Si se requiere, un catalizador opcional o gas reactante se suministra desde un tanque de suministro 20 a la entrada 14. Si se usan entradas diferentes 14 entonces deben estar en proximidad tangencial cercana entre sí. El aparato de procesado comprende una placa base 22 sobre la que se montan los soportes de apoyo del rotor 24, los soportes del estator 26 y un motor accionador eléctrico de velocidad variable 28. Un miembro del aparato cilíndrico externo o tubo cilíndrico 30 que comprende el estator del aparato se monta sobre soportes 24 y a su vez se soporta a lo largo de la parte principal de su longitud otro tubo cilíndrico 32 que constituye la cubierta externa de un cambiador de calor a través del que puede hacerse pasar gas o líquido para controlar la temperatura en la cámara de procesado. El pasaje anular 34 entre los cilindros 30 y 32 puede llenarse con un medio de intercambio de calor adecuado tal como una malla de alambre o las estructuras de intercambio de calor especiales que se conocen de la marca "SphereMatrix", entrando el refrigerante (o fluido de calentamiento, si fuera apropiado) a través de las entradas 36 y descargándose a través de las salidas 38. Un árbol del rotor 40 se extiende entre los soportes 34 y se soporta mediante los mismos, estando un extremo del árbol conectado al motor 28. El árbol lleva un rotor cilíndrico o miembro de aparato cilíndrico interno 42 que en esta realización es sólido y tiene su eje de rotación coincidente con el eje longitudinal del cilindro del estator 30. Un hueco anular o sección transversal anular de la cámara de procesado 44 se forma entre la superficie cilíndrica interna 46 del estator 30 y la superficie cilíndrica externa 46 del rotor 42 y el cuerpo de cara 51; los extremos de la cámara se cierran contra fugas mediante sellados finales 50 que rodean el árbol 40. El material reaccionado se descarga a través de una salida 52. Los reactantes y la mezcla resultante en la cámara de procesado 44 pueden ser líquidos, sólidos, gases o diversas combinaciones de los tres.

En lugar de la orientación horizontal de la Figura 1, el reactor puede configurarse verticalmente con la salida 52 en la parte superior. También pueden usarse otras orientaciones. También, las superficies cooperantes 46 y 48 en la Figura 2 pueden recubrirse con un catalizador para facilitar una reacción química o biológica que constituye la etapa de procesamiento. El material catalítico puede potenciar las reacciones químicas, bioquímicas o biocidas en el pasaje de

La mezcla de los reactantes se consigue por rotación del rotor 42 respecto al cilindro del estator 30. En lugar de que el cuerpo central sea el rotor 42, aunque esto es mecánicamente la construcción más conveniente, el miembro cilíndrico exterior o ambos miembros central y exterior pueden hacerse girar. Se produce al menos una velocidad periférica mínima entre el rotor y el estator para crear remolinos para mezclar y renovar la superficie. En la realización preferida actualmente descrita, esta velocidad tangencial diferencial no debe ser menor de 0,5 metros por segundo preferiblemente mayor de 2,0 metros por segundo.

La energía se suministra a los reactantes mediante un número de transductores 54, por ejemplo radiación electromagnética o fuentes que generan presión longitudinal que se proporcionan a lo largo de la longitud del cilindro del estator 30. Los transductores pueden ser, por ejemplo, magnetrones o clistrones, que producen una radiación electromagnética de longitud de onda muy corta (por ejemplo 2 mm-50 cm). Otra elección es que pueden ser fuentes de luz de cualquier longitud de onda (color) apropiada para el proceso, fuentes de rayos X, fuentes de rayos gamma o pueden ser transductores que producen oscilaciones longitudinales, normalmente de frecuencias ultrasónicas. De hecho, las ondas electromagnéticas a través de todo el espectro pueden introducirse para ayudar a las reacciones químicas o biológicas. Por ejemplo, puede introducirse luz utilizando guías de luz láser que varían desde el infrarrojo a longitudes de onda ultravioleta. Como otro ejemplo, la radiación de microondas puede introducirse a la cámara anular del reactor 44 utilizando guías localizadas alrededor de la periferia del recipiente del reactor. La frecuencia de microondas puede ser, por ejemplo, entre 2,5 GHz a 50 GHz.

Como se ilustra más claramente en la Figura 2, la radiación electromagnética puede entrar en la cámara anular 44 a través de un puerto 58. La radiación pasa a través de una ventana 60 que proporciona un sellado entre la cámara anular 44 y el puerto 58. Por supuesto, puede usarse más de una ventana 60 dependiendo de los requisitos de irradiación del material dado. La ventana 60 puede ser parte del cilindro del estator 30 o puede estar separada. Cuando no hay ventana separada, el material del que está hecho el estator o al menos la parte del mismo entre los transductores y la cámara anular 44 es tan transparente como sea posible para la energía. El espesor del material y otras características de la ventana 60 se eligen basándose en algunos de los mismos criterios usados en el diseño del cilindro del estator 30, por ejemplo criterios basados en la durabilidad y rendimiento cuando se expone a los materiales procesados en la cámara anular 44 bajo las fuerzas aplicadas. La ventana 60 debe estar hecha también de un material que tenga un espesor adecuado para que deje pasar el tipo deseado de radiación a la cámara anular 44. Por ejemplo, cuando se usa microondas, puede usarse una ventana de vidrio, cuarzo o teflón 60. La ventana 60 debe tener un espesor de un número par múltiplo de 1/4 de la longitud de onda y una propiedad de pérdida dieléctrica baja para maximizar la transmisión desde la ventana hacia la cámara anular 44. El tamaño y forma de la ventana 60 puede variar dependiendo de la aplicación. Cuando se usa luz, la ventana 60 puede ser un vidrio transparente, por ejemplo. Cuando los transductores 54 producen oscilaciones de presión longitudinal, la ventana 60 puede ser un diafragma para pasar las oscilaciones a la cámara anular 44.

Las microondas pueden aplicarse al material dentro de la cámara anular 44 del reactor 8 para conseguir reacciones químicas continuas asistidas por la radiación electromagnética. La presente invención resuelve el problema de irradiación de cantidades relativamente grandes de reactantes rápidamente, uniformemente y de forma minuciosa. La altura de la cámara anular 44 es mucho más estrecha que la profundidad de penetración de microondas de alta frecuencia en el material reactante. Por lo tanto, el calentamiento a través de la capa fina del material reactante es extremadamente uniforme y rápido. La reacción química transcurre a través de todo el espesor esencialmente simultáneamente proporcionando calentamiento, en muchos casos varios cientos de veces más rápido que en los reactores convencionales. Adicionalmente, la rotación del rotor 42 respecto al estator 30 establece remolinos que hacen circular los reactantes desde cerca del rotor 42 a cerca del estator 30 y de nuevo hacia atrás. Estos micro-remolinos hacen circular los reactantes muy rápidamente de manera que una molécula dada en el material puede pasar por la ventana 60 muchas miles de veces cuando el material fluye a través del reactor 8 desde la entrada 14 a la salida 52. Esta circulación proporciona una exposición sustancialmente uniforme de los reactantes a las microondas ya que los reactantes se expondrán a sustancialmente los mismos valores máximos y medios de irradiación a nivel molecular.

El reactor 8 puede usarse también para esterilizar sustancias tales como agua destruyendo patógenos tales como virus o bacterias para hacer a las sustancias seguras para consumo humano. Pueden usarse diversos tipos de radiación para destruir directamente los patógenos tras la exposición. Como alternativa, la radiación puede usarse para destruir indirectamente los patógenos. Por ejemplo, las partículas de dióxido de titanio pueden suspenderse como un catalizador en agua que necesita ser esterilizada. La luz ultravioleta se irradia entonces en la cámara anular 24 a través de la ventana 60. Las partículas de dióxido de titanio liberan ozono cuando se exponen a la luz ultravioleta que puede matar los patógenos.

El reactor 8 es muy útil para esterilización incluso para esterilizar materiales altamente opacos, por ejemplo leche. La radiación de luz no puede penetrar muy lejos hacia los materiales opacos. Sin embargo, en la presente invención la rotación rápida del rotor 42 respecto al estator 30 y la escasa profundidad de la cámara anular 44 establece remolinos que hacen circular rápidamente los reactantes desde cerca del rotor 42 a cerca del estator 30 y hacia atrás de nuevo.

ES 2 303 528 T3

Esta circulación proporciona la renovación superficial y asegura que prácticamente cualquier patógeno pasará por la superficie interna de la ventana 60 y será destruido mediante irradiación. El caudal de material a través del reactor 8 puede ajustarse ajustando la potencia de bombeo entre la entrada 14 y la salida 52. Un bombeo más lento permitirá que cada patógeno pase más tiempo cerca de la ventana 60 para recibir una mayor exposición a la irradiación. Una realización de la presente invención que tiene una longitud de 0,76 m (30 pulgadas) de longitud y 7,6 cm (3 pulgadas) de diámetro del rotor 42 puede tener un caudal de 3,8-7,6 l/min (1-2 galones por minuto). Por supuesto, el caudal es variable y el reactor 8 puede cambiarse de escala a diversos tamaños y proporciones. También, hacer girar el rotor 42 y el estator 30 más rápidamente puede establecer remolinos más rápidamente que hacen circular los patógenos pasando por la ventana 60 más veces. Una realización de la presente invención que usa un diámetro del rotor 42 de 7,6 cm (tres pulgadas) puede tener una velocidad de rotación típica de 3.000 rpm.

Los remolinos más pequeños deben tener un diámetro de al menos tan grande como la altura de la cámara de procesado 44. De esta manera, las moléculas que forman los reactantes se hacen circular muy rápidamente entre las superficies 46 y 48. Esto asegura que las moléculas cerca de la superficie 48 se harán circular a una posición cerca de la superficie 46 y de la ventana 60 para exposición a la radiación que entra a través de la ventana 60. Esta renovación superficial asegura una exposición uniforme y minuciosa de los reactantes a la radiación incluso si la radiación no puede penetrar muy lejos en la cámara de procesado debido a la opacidad o profundidad de penetración limitada de los reactantes. Además, los remolinos aseguran una mezcla rápida y minuciosa de los reactantes. La altura de la cámara de procesado y la velocidad relativa de rotación del rotor 42 y el estator 30 se optimizan para asegurar el tamaño del remolino apropiado. Si la altura de la cámara de procesado 44 equivalía a dos diámetros de remolino, por ejemplo, muchas de las moléculas sólo podrían desplazarse desde cerca de la superficie 48 al centro de la cámara de procesado 44 y no podrían acercarse suficientemente a la ventana 60 para una renovación de la superficie adecuada.

Cabe destacar que el reactor 8 puede limpiarse rápida y minuciosamente. Por lo tanto, a diferencia de la técnica anterior, los depósitos que se forman y bloquean la irradiación no es un problema. Por ejemplo, incluso si el reactante es una sustancia opaca pegajosa, la ventana 60 se limpia fácilmente. Poniendo en marcha el reactor 8 con agua limpia durante un tiempo suficiente para que el agua pase desde la entrada 14 a la salida 52, las sustancias que se aferran a la ventana 60 se lavan. En la mayoría de los casos, las superficies de la cámara anular 44 se limpian en cinco segundos. Esta capacidad de limpieza eficaz se debe a las fuerzas de cizalla extremadamente potentes cuando el rotor 42 y el estator 30 giran entre sí. En la mayoría de los casos no se formarán contaminantes en la ventana 60 o en las paredes de la cámara anular 44 debido a las fuerzas de cizalla fuertes que empujan los materiales a través del reactor 8. El reactor 8 puede funcionar de forma excéntrica o concéntrica con la condición de que la cámara anular 44 entre los cilindros estacionario y rotario sea menor que la profundidad de penetración de la radiación electromagnética aplicada. Adicionalmente, la cámara anular 44 puede ser suficientemente estrecha para prevenir el flujo turbulento de los reactantes de acuerdo con la descripción de la Patente de Estados Unidos 5.538.191 publicada el 23 de julio de 1996.

La Solicitud Provisional de Estados Unidos N° 60/214.538 de Holl expedida el 27 de junio de 2000 describe el uso del reactor 8 para reacción gas/líquido. El reactor emulsiona el gas en el líquido proporcionando un contacto aumentado entre el líquido y el gas para reacciones más eficaces. El gas se emulsiona haciendo a la cámara anular 44 suficientemente estrecha y girando el rotor 42 suficientemente rápido respecto al estator 30. Esto proporciona una reacción mucho mejor que rociando los gases a través de los líquidos. La presente invención puede usarse para proporcionar una energía electromagnética o de presión longitudinal al gas emulsionado para potenciar la reacción gas/líquido. La reacción gas/líquido puede usarse en un proceso de oxigenación o en un proceso de reacción enzimática, por ejemplo. Adicionalmente, los sólidos tales como polvos catalíticos, pueden añadirse a la cámara anular 44 para formar la emulsión gas/líquido/sólido para proporcionar una reacción gas/líquido/sólido que puede potenciarse también por la energía electromagnética o de presión longitudinal aplicada.

La realización de la Figura 3 está destinada a un proceso de reacción enzimática y el eje de rotación del rotor 42 ya no es coincidente con el eje longitudinal correspondiente del estator 30, de manera que el hueco de la cámara de procesado radial 44 difiere en la dimensión circunferencialmente alrededor del rotor. La energía se irradia hacia la cámara 44 para ayudar al proceso de reacción enzimática. Se proporciona una estructura de intercambio de calor que tiene una carcasa externa 32 y un material de intercambio de calor 34, ya que dicho proceso normalmente es exotérmico y el exceso de calor debe retirarse para lograr unas condiciones operativas óptimas para los microorganismos. Una serie de entradas de suministro de oxígeno 14 se disponen a lo largo de la longitud del estator y el suministro de oxígeno allí se emulsiona pronto en el caldo de cultivo, proporcionando burbujas microfinas uniformemente dispersadas en lugar de pulverizarse en su interior con burbujas con tamaño de milímetros de distribución no uniforme, como con los sistemas de reacción enzimática convencionales. El dióxido de carbono que se produce se purga de la parte superior del pasaje de procesado a través de la purga 56. El reactor de acuerdo con la Figura 3 se diseña para funcionar continuamente y proporciona una retirada de CO₂ uniforme continua a lo largo de la parte superior del rotor que se humedece constantemente con una película o caldo de cultivo de mezcla uniforme de todos los ingredientes. Se muestran también el puerto 58 y la ventana 60, como se describe con referencia a la Figura 2. El puerto y la ventana se usan para suministrar microondas o radiación de luz para facilitar el proceso de reacción enzimática.

La Patente de Estados Unidos US 6 471 392 B1 de Holl describe la eliminación de vórtices de Taylor satisfaciendo tres requisitos: 1) superficies de la cámara anular suaves, 2) altura de la cámara anular fina y 3) rotación rápida del rotor. La eliminación de los vórtices de Taylor proporciona una mezcla muy mejorada. La presente invención puede usarse para proporcionar energía electromagnética o de presión longitudinal al material sin vórtices de Taylor en la cámara anular para combinar los potenciamientos de reacción de mezcla minuciosa junto con irradiación.

ES 2 303 528 T3

El reactor 8 y sus modos de funcionamiento se describen con mayor detalle en la Patente de Estados Unidos 5.538.191 publicada el 23 de Julio de 1996 que incluye a Richard A. Holl como inventor.

El aparato de la invención generalmente es un reactor de proceso y aparato, y un reactor compuesto por los recipientes usados para producir los productos deseados por un medio físico o químico y es frecuentemente el núcleo de una planta de procesamiento comercial. Sus configuraciones características operativas y principios de ingeniería subyacente constituyen la tecnología del reactor. Aparte de la estequiometría y cinética, la tecnología del reactor incluye requisitos para introducir y retirar reactantes y productos, suministrar y extraer calor, acomodar cambios de fase y transferencias de material, asegurar un contacto eficaz entre los reactantes y proporcionar el rellenado o regeneración del catalizador. Estos asuntos se tienen en cuenta cuando se traduce la cinética de reacción y los datos a escala experimental al diseño y fabricación de plantas piloto eficaces y el cambio de escala posteriormente de dichas plantas a unidades de mayor tamaño y finalmente al diseño y operación de plantas comerciales.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un método para procesamiento de materiales que comprende:

hacer pasar los materiales a procesar en una trayectoria de flujo a través de un pasaje de procesamiento anular entre dos superficies suaves espaciadas próximas provistas con miembros interno y externo respectivos de un aparato cilíndrico, al menos uno de los cuales rota respecto al otro, estando los materiales esencialmente libres de vórtices de Taylor; e

irradiar los materiales en el pasaje de procesamiento con una energía de procesamiento que pasa a través de una ventana del miembro externo, en el que la altura del pasaje de procesamiento anular es menor que la profundidad de penetración de la energía de procesamiento hacia los materiales a procesar.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la energía aplicada al pasaje de procesamiento es una cualquiera de energía electromagnética de frecuencia microondas, luz, rayos X, radiación gamma y vibraciones longitudinales ultrasónicas.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los miembros del aparato cilíndrico giran uno respecto a otro respecto a ejes longitudinales que son coaxiales entre sí, de manera que el espaciado radial de las dos superficies es circunferencialmente constante entre los mismos.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los miembros del aparato se mueven para producir una velocidad lineal entre sus superficies operativas entre sí de al menos 0,5 metros por segundo.

5. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una o ambas superficies se recubren con material catalítico que potencia al menos una reacción química, bioquímica y biocida en el pasaje de procesamiento.

6. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los miembros del aparato cilíndrico giran entre sí alrededor de ejes longitudinales paralelos orientados horizontalmente.

7. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los miembros del aparato cilíndrico giran relativamente entre sí alrededor de ejes longitudinales paralelos orientados verticalmente.

8. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el miembro externo permanece sustancialmente estacionario mientras que el miembro interno gira para producir una velocidad lineal entre sus superficies operativas entre sí.

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la energía de procesamiento es energía electromagnética producida por al menos un tubo microondas conectado a al menos un puerto en la pared del miembro externo que conduce a al menos una ventana en la pared del miembro externo.

10. Un método de acuerdo con la reivindicación 9 en el que la frecuencia de la energía electromagnética es entre 2,5 GHz y 50 GHz.

11. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la energía de procesamiento es irradiación con luz introducida en el pasaje de procesamiento anular a través de al menos una guía de luz láser.

12. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la energía de procesamiento se produce mediante al menos un transductor.

13. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la energía de procesamiento es energía electromagnética y la altura del pasaje de procesamiento anular es menor que la profundidad de penetración de la energía electromagnética hacia los materiales a procesar.

14. Un método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que la frecuencia de la energía electromagnética es entre 2,5 GHz y 50 GHz y la energía electromagnética entra en el pasaje de procesamiento a través de al menos una ventana en la pared del miembro externo e incluye adicionalmente:

hacer circular las moléculas de los materiales a procesar pasada al menos una ventana para proporcionar una exposición sustancialmente uniforme a un nivel molecular de los materiales a procesar.

15. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material a procesar es sustancialmente opaco a la energía de procesamiento y comprende adicionalmente la etapa de hacer circular los materiales a procesar pasada la energía de procesamiento para proporcionar una renovación de la superficie, de manera que las moléculas de los materiales a procesar se exponen sustancialmente y uniformemente a la energía de procesamiento.

ES 2 303 528 T3

16. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

los materiales a procesar incluyen un gas y un líquido;

5 la altura del pasaje de procesado anular es suficientemente pequeña y los miembros del aparato cilíndrico giran entre sí lo suficientemente rápido de manera que el gas se emulsiona en el líquido para producir una emulsión gas/líquido, aumentando de esta manera el contacto interfacial entre el gas y el líquido; y

10 la emulsión gas/líquido se irradia con la energía de procesado a través de dicha al menos una ventana de los dos miembros para facilitar una reacción entre el gas y el líquido.

17. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

15 la altura del pasaje de procesado anular es suficientemente pequeña, los miembros del aparato cilíndrico giran entre sí suficientemente rápido y las dos superficies suaves espaciadas son suficientemente suaves de manera que los materiales a procesar están esencialmente libres de vórtices de Taylor e incluyen adicionalmente irradiar los materiales a procesar con la energía de procesado a través de al menos una ventana de los dos miembros para facilitar una reacción en el material esencialmente libre de vórtices de Taylor.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

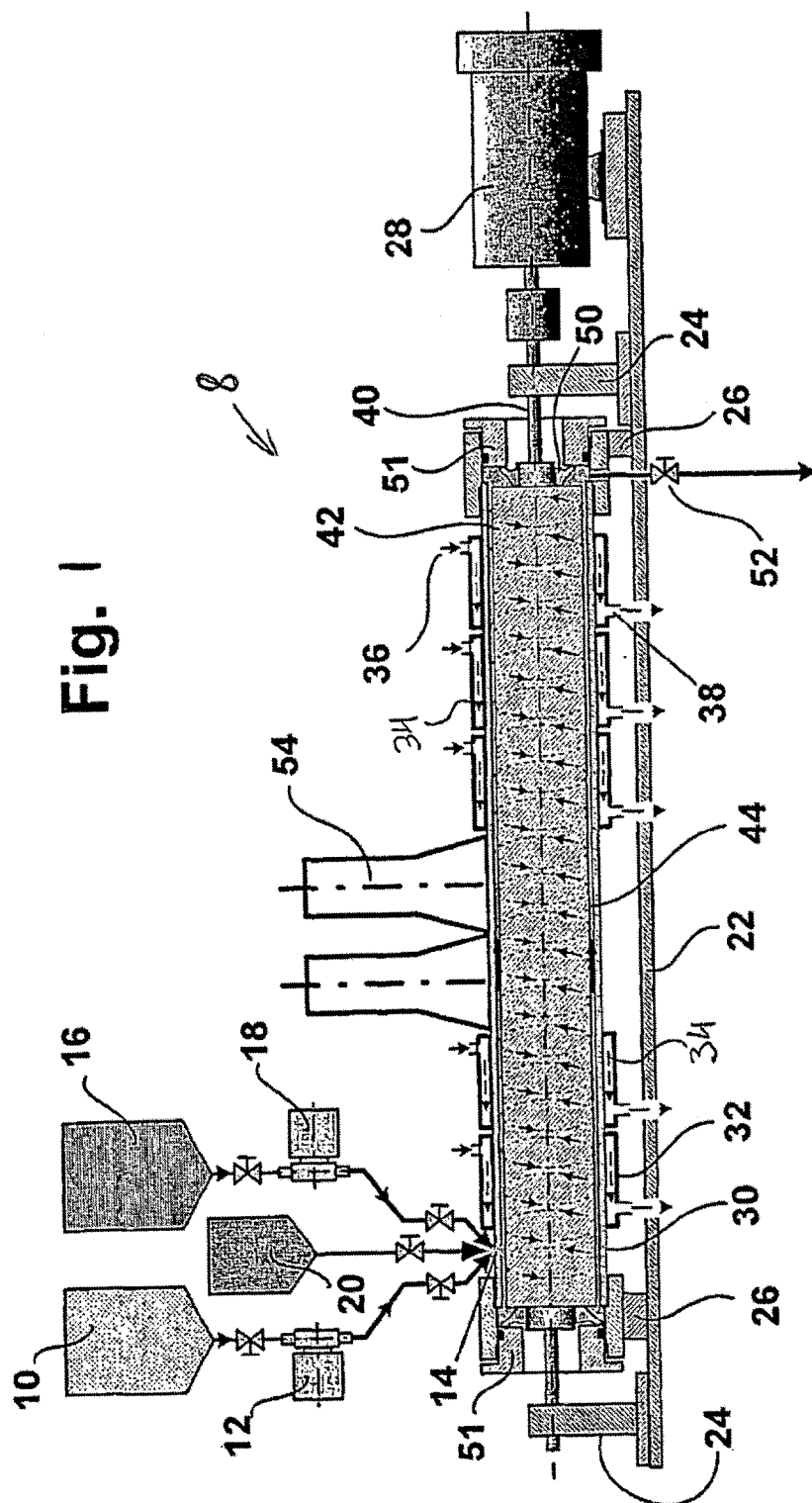


Fig. 2

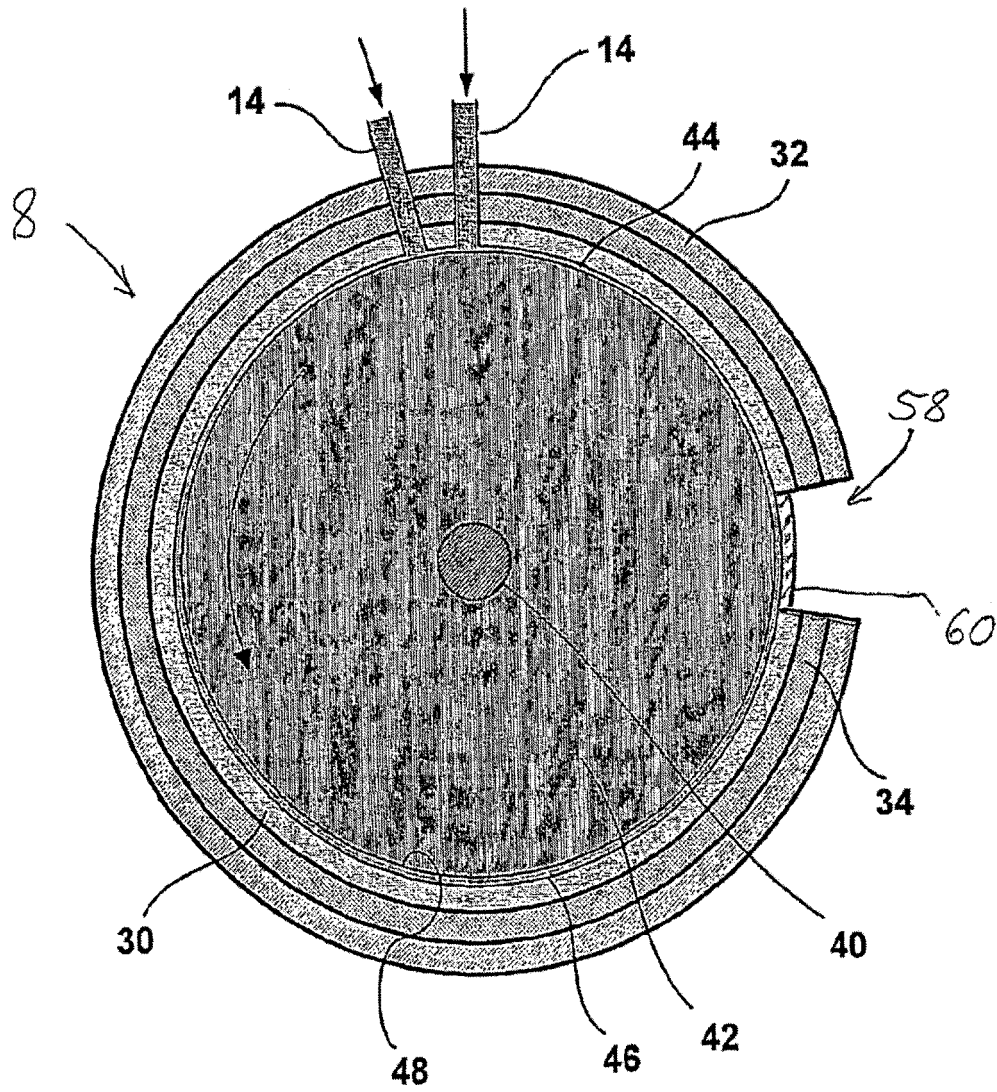


Fig. 3

