



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 278 457**

51 Int. Cl.:

B01F 3/04 (2006.01)

B01F 7/18 (2006.01)

B01F 7/22 (2006.01)

B01F 7/16 (2006.01)

B01J 19/18 (2006.01)

C12M 1/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99949902 .3**

86 Fecha de presentación : **28.09.1999**

87 Número de publicación de la solicitud: **1117821**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **25.07.2001**

54

Título: **Sistemas de mezclador.**

30

Prioridad: **28.09.1998 US 162088**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.08.2007

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.08.2007

73

Titular/es:
THE PENN STATE RESEARCH FOUNDATION
304 Old Main
State College, Pennsylvania 16802, US

72

Inventor/es: **McWhirter, John;**
Dominik, Bradley y
Balan, Prakash

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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

Sistemas de mezclador.

5 La presente invención se refiere a los sistemas de mezclador para la circulación y el contactogas-líquido de los líquidos de un tanque, especialmente cuando tales líquidos tienen características de viscosidad con aligeramiento por esfuerzo cortante no newtonianas. Una buena circulación y mezclado del líquido y el contacto íntimo gas-líquido facilita la transferencia de masa de un componente gaseoso al líquido.

10 Un sistema de mezclado de este tipo es conocido a partir del documento EP-A-454140, que constituye la base para el preámbulo de la reivindicación 1.

15 La invención es especialmente adecuada para su uso en los procesos de biorreacción, tales como la fermentación por circulación de pastas que contienen microbios y medios de cultivo, especialmente en los casos en los que el proceso de fermentación aumenta la viscosidad de la pasta.

20 La presente invención permite una oxigenación mejorada y el mezclado de los líquidos de este tipo para promover el proceso de fermentación. Un proceso de fermentación en el cual la invención encuentra una aplicación particular es un proceso para producir polisacáridos, tales como la goma xantana, y mejora este tipo de procesos permitiendo una circulación y un mezclado aumentados de la disolución y la oxigenación de la misma a concentraciones elevadas de goma xantana, lo cual da lugar a altas viscosidades de modo que impiden la circulación efectiva y el mezclado de la misma por medios convencionales, de manera tal que el valor del producto de la fermentación, que es función de la concentración de goma xantana, aumenta o se produce en un periodo de tiempo mas corto.

25 Los líquidos no newtonianos que se pueden mezclar y oxigenar de manera efectiva con un sistema de mezclado que realiza la invención tienen unas características de aligeramiento cortante, es decir, que la viscosidad de tales líquidos disminuye significativamente con la presencia de esfuerzo cortante.

30 Las regiones en las que se produce el esfuerzo cortante, en un intento por reducir la viscosidad del líquido de manera que permita circular al mismo, se han confinado en los sistemas convencionales a la vecindad inmediata de los rodets usados para hacer circular al líquido.

35 A veces se ha hecho referencia a tales regiones como cavernas de líquido aligerado por esfuerzo cortante que rodean a los rodets. El líquido remanente, por ejemplo en un tanque en el cual se sitúan los rodets, permanece a alta viscosidad y por tanto no circula o se mezcla en la cuantía requerida para una transferencia de gas efectiva, y particularmente la oxigenación de la totalidad del cuerpo de líquido del tanque. A estas porciones no mezcladas o que no circulan del líquido del tanque se hace referencia como "zonas muertas" y reducen significativamente la efectividad general del proceso de fermentación.

40 Según la invención, se ha descubierto que la circulación de una fracción de volumen sustancial del líquido del tanque permite la circulación de todo el cuerpo de líquido del tanque. En el caso de líquidos con aligeramiento por esfuerzo cortante (no newtonianos), un campo de esfuerzo cortante o un modelo de agitación efectúa la circulación del líquido cuando se logra dentro de un volumen sustancial del líquido de un tanque. Los campos o modelos de esfuerzo cortante que producen un flujo en una dirección distinta de la dirección de circulación, por ejemplo, un flujo turbulento, son inhibidos de acuerdo con la invención. El flujo a través del volumen sustancial de líquido causa un flujo en otro lugar a través del tanque, con lo cual circula todo el cuerpo de líquido para obtener un volteo adecuado de la parte superior a la inferior del líquido del tanque. Así se puede lograr la introducción de gas en el flujo de circulación y la gasificación del mismo como puede ser requerida por el proceso, por ejemplo un proceso de fermentación que tenga lugar en el tanque.

50 Se ha propuesto usar diversos medios para mejorar el mezclado y la circulación en un tanque. Sin embargo, estas técnicas han sido incapaces de proporcionar una circulación y un mezclado adecuados con caudales suficientes para facilitar el proceso bajo las condiciones severas de circulación y mezclado que presentan muchos líquidos con adelgazamiento por esfuerzo cortante, especialmente en los procesos de fermentación.

55 Por consiguiente es un objeto de la invención proporcionar un sistema mejorado de mezclado que permita un efectivo mezclado y circulación bajo condiciones severas de mezclado, especialmente las que presentan los líquidos no newtonianos (con aligeramiento por esfuerzo cortante).

60 Otro objeto adicional todavía de la presente invención es proporcionar un sistema mejorado que implica la circulación de líquidos y la gasificación de los mismos, las cuales pueden ser llevadas a cabo de manera efectiva con los líquidos de alta viscosidad, con aligeramiento por esfuerzo cortante.

65 Otro objeto adicional todavía de la presente invención es proporcionar sistemas mejorados de rodete, que realicen la circulación de líquidos en un tanque, los cuales sean eficientes en términos de potencia requerida para producir un caudal requerido en el tanque.

Otro objeto adicional todavía de la presente invención es proporcionar un rodete mejorado, que facilite la gasificación de la superficie creando un chorro de líquido por encima de la superficie del líquido del tanque, denominándose aquí dicha gasificación de la superficie aireación superficial, sin limitación de la naturaleza del gas (sea aire, oxígenos o algún otro gas) en la superficie de líquido del tanque.

Otro objeto adicional todavía de la presente invención es proporcionar un ambiente de mezclado que reduzca la viscosidad aparente de la disolución y por tanto aumente la transferencia de masa en la fase líquida y así aumente la transferencia de masa general gas-líquido.

La invención es reivindicada en la reivindicación independiente 1 y en sus reivindicaciones dependientes.

Descrita de manera breve, se puede realizar la presente invención en un sistema de mezclador dispuesto por debajo de la superficie del líquido de un tanque (siendo medida la superficie cuando el líquido es estático, es decir, cuando no se le hace circular) y utiliza una pluralidad de rodets espaciados entre sí a lo largo del eje de un tubo de aspiración estacionario, alrededor de cuyo eje se hace girar a los rodets. El tubo de aspiración proporciona unas regiones co-axiales dentro y fuera del tubo, siendo el diámetro del tubo y su longitud tales que el tubo ocupa una fracción sustancial de volumen del líquido del tanque. Los rodets incluyen una pluralidad de rodets, y los rodets crean un campo de esfuerzo cortante o modelo de agitación y un gradiente de presión para producir una buena circulación hacia arriba a través de la región interior y luego hacia abajo a través de la región exterior. Los rodets proporcionan unos campos de agitación que están acoplados entre sí, y particularmente que se solapan. Se inhibe el flujo turbulento dentro del tubo de aspiración, por ejemplo, mediante deflectores que se proyectan radialmente hacia dentro desde la pared del tubo de aspiración y axialmente entre los rodets y preferiblemente por encima y por debajo de los rodets de más arriba y de más abajo.

Se puede asperger (inyectar) gas en el flujo que entra en el tubo de aspiración y/o en la superficie del líquido. En tal caso, la gasificación por arrastre de gas en el tanque por encima de la superficie del líquido puede ser mejorada por el uso de un rodete de aireación superficial. También se puede mejorar la circulación en la parte superior del tubo de aspiración por un difusor que puentea las regiones exterior e interior.

El rodete de aireación superficial puede ser proporcionada por una pluralidad de paletas espaciadas circunferencialmente entre sí y dispuestas en ángulos agudos con líneas radiales desde el eje de rotación del rodete. Las porciones inferiores de las paletas, que se pueden extender por debajo de la superficie, se pueden plegar hacia fuera. Las paletas impulsan el líquido formando una sombrilla de rociado en dirección hacia arriba y hacia fuera apartándolo de la superficie.

El anterior y otros objetos, características y ventajas de la invención, así como realizaciones actualmente preferidas de la misma y el mejor modo de llevar a cabo los métodos proporcionados por la invención pueden resultar más claros a partir de la lectura de la descripción siguiente en conexión con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

la Fig. 1 es una vista esquemática en alzado frontal en corte de un tanque que contiene un sistema de rodets de mezclado según la invención;

la Fig. 2 es una vista en corte tomada a lo largo de la línea 2-2 de la Fig. 1 cuando se ve en la dirección de las flechas;

la Fig. 3 es una vista similar a la Fig. 1 mostrando otra realización de un sistema de rodets según la invención;

la Fig. 4 es una vista en corte tomada a lo largo de la línea 4-4 de la Fig. 3;

la Fig. 5 es una vista similar a la Fig. 1 mostrando otra realización de la invención;

la Fig. 6 es una vista similar a la Fig. 1 mostrando otra realización más de la invención;

la Fig. 7 es una vista en corte tomada a lo largo de la línea 7-7 de la Fig. 6 cuando se ve en la dirección de las flechas;

la Fig. 8 es una vista similar a la Fig. 1 mostrando otra realización más de la invención;

la Fig. 9 es una vista similar a la Fig. 1 mostrando otra realización más de la invención;

la Fig. 10 es una vista en corte tomada a lo largo de la línea 10-10 de la Fig. 9 cuando se ve en la dirección de las flechas;

la Fig. 11 es una vista en corte tomada a lo largo de la línea 11-11 de la Fig. 9; y

la Fig. 12 es un gráfico que muestra en función del tiempo los cambios en la concentración de oxígeno en un cuerpo de líquido, el cual ha sido oxigenado en un sistema tal como el mostrado en la Fig. 1, y cuyo gráfico es útil para deducir el coeficiente de transferencia de masa, K_L , a, resultante de la oxigenación del cuerpo de líquido.

Haciendo referencia en primer lugar a las Figs. 1 y 2, se muestra un sistema de mezclado que se ha encontrado práctico y eficaz para su uso en los procesos de mezclado, circulación y gasificación de líquidos no newtonianos y pastas de líquidos. El sistema de la Fig. 1 se ha encontrado especialmente adecuado para mejorar el mezclado y la proporción de transferencia de masa en procesos de biorreacción, incluyendo la fermentación, y particularmente un proceso para producir disoluciones de goma xantana. La capacidad para mezclar y oxigenar efectivamente tales disoluciones y para producir los productos de fermentación a concentraciones que tienen un valor comercial mejorado es una característica importante de la invención.

Los líquidos no newtonianos se caracterizan por tener una viscosidad variable que es función del esfuerzo cortante aplicado. Los líquidos newtonianos, como el agua y el petróleo tienen una viscosidad constante. La viscosidad de los líquidos no newtonianos cambia cuando se encuentran en un campo de esfuerzo cortante, que es donde el líquido está sometido a un valor cambiante de esfuerzo cortante (1/s). Las disoluciones de goma xantana del orden del tres por ciento en peso son una disolución no newtoniana comercialmente relevante, puesto que su viscosidad, cuando están en reposo es del orden de 10.000 cp (centipoises) (por ejemplo de 10.000 a 30.000 cp) y de 100 cp cuando están sometidas a un valor alto de esfuerzo cortante. Todos los valores de viscosidad a los que aquí se hace referencia se determinan con un viscosímetro Brookfield.

En los procesos de gasificación, tales como la oxigenación del caldo en la fermentación, es deseable continuar la gasificación hasta que ya no se pueda el oxígeno transferir a una tasa suficientemente alta para sostener los microorganismos presentes en el caldo de fermentación. Cuando se aproxima a esta condición en las fermentaciones de polisacáridos, la viscosidad aumenta a un punto tal que la tasa de oxigenación y la circulación del caldo ya no pueden proporcionar la demanda de oxígeno de los microorganismos. Cuando se alcanza esta condición, no puede continuar la fermentación. Los sistemas de mezclado proporcionados por la presente invención mantienen los líquidos no newtonianos, tales como las disoluciones de goma xantana, a baja viscosidad, manteniendo una gran fracción de la disolución bajo tasas de esfuerzo cortante elevadas, aun bajo estas condiciones (concentraciones de goma xantana altas del tres por ciento o mayores) de manera que se puede mantener la transferencia eficaz de oxígeno continuada y el mezclado. De este modo, conforme avanza el proceso desde el arranque, se mantiene la condición inicial de baja viscosidad (100 a 200 cp en las disoluciones de goma xantana) debido al alto valor del esfuerzo cortante en una fracción significativa del volumen de líquido que se mezcla y hace circular. Entonces puede tener lugar la gasificación a concentraciones más elevadas de goma xantana en el líquido, una gran fracción del cual se mantiene con una viscosidad suficientemente baja para permitir una buena circulación y la transferencia de oxígeno a través de todo el volumen del líquido del fermentador.

Como se muestra en las Figs. 1 y 2, el líquido está en un tanque 10 y tiene un nivel 12 por debajo del extremo superior o cerco 14 del tanque cuando el líquido del tanque está estático (no se le hace circular o revolver) entre la superficie 12 y el fondo 16 del tanque. El tanque 10 puede ser generalmente cilíndrico y las paredes del tanque pueden estar dispuestas verticalmente rectas. Se monta un tubo de aspiración 20 cilíndrico preferiblemente de manera central respecto al tanque. Por tanto, el eje del tubo de aspiración 20 coincide con el eje del tanque 10 cuando el tanque es cilíndrico. El diámetro del tubo de aspiración y su longitud son tales que el volumen interno definido por el tubo 20 es una parte sustancial, al menos el 25% y preferiblemente el 50% del volumen de líquido del tanque 10. Existe una separación entre el fondo 16 del tanque y el extremo inferior 22 del tubo de aspiración. El extremo superior 24 del tubo de aspiración se encuentra en la vecindad de la superficie 12 del líquido estático. Una pluralidad de rodets 26, 28, 30 y 32 de mezclado están unidos a un árbol común 34 y son accionados por el mismo. El extremo superior del árbol puede estar conectado a un motor de accionamiento a través de una caja de engranajes (no representada) y el extremo inferior del árbol 34 puede ser alojado en un cojinete 36 de apoyo. Los rodets son todos del mismo tipo, es decir, de las llamadas turbinas de paleta inclinada (PBT), que tienen una pluralidad de cuatro paletas espaciadas circunferencialmente sobre el eje de rotación, siendo el eje del árbol 34 y las paletas están dispuestas a 45 grados con respecto a dicho eje. Estos rodets PBT se encuentran disponibles en Lightin Unit de General Signal Corporation, Rochester, N.Y. 14611, EEUU, como su modelo A200. Alternativamente, se pueden usar otros rodets axiales, tales como los de paletas de tipo aleta aerodinámica (a veces denominados paletas de hidropérfil). Estos rodets de tipo aleta aerodinámica de flujo axial pueden ser, por ejemplo, el A-315, que actualmente se encuentra disponible en Lightin Unit y el cual ha sido descrito por Weetman en la patente de EEUU N° 4.896.971. En la patente de EEUU N° 4.468.130 también otorgada a Weetman se describen otros tipos de rodets que pueden ser adecuados.

El sistema de mezclado del tubo de aspiración incluye también los conjuntos 38, 40, 42 y 44 de cuatro deflectores verticales que están desplazados circunferencialmente a 90 grados alrededor del eje del árbol 34 entre los rodets, como se muestra en otras figuras que se tratan a continuación. Se puede colocar por encima otros conjuntos de deflectores y, si se desea por debajo, de los rodets 32 y 26 de más arriba y de más abajo. En otras palabras, dos pares de deflectores están contenidos en cada conjunto y los pares están desplazados 180 grados el uno con respecto al otro (véase la Fig. 2). Los rodets 26-32, con el costado de los deflectores 38-44, producen un campo de modelo de agitación el cual proporciona un alto nivel de esfuerzo cortante en el líquido del tubo de aspiración. De este modo, en el caso de líquidos no newtonianos con aligeramiento por esfuerzo cortante, la viscosidad del líquido en el tubo de aspiración se mantiene suficientemente baja para que mejore la transferencia de masa y proporcione una circulación mejorada en el tanque. La circulación que se ha encontrado produce el mezclado más eficaz, es en dirección hacia arriba dentro del tubo de aspiración en las regiones de los extremos del tubo de aspiración 32 y 34 donde el flujo cambia de dirección, de manera que el flujo va hacia abajo en la región anular entre el tubo de aspiración 20 y la pared lateral del tanque 10.

ES 2 278 457 T3

La región anular entre la pared 20 del tubo de aspiración y la pared lateral del tanque 10 es una región de bajo esfuerzo cortante y por tanto de alta viscosidad efectiva para los líquidos con aligeramiento por esfuerzo cortante. Sin embargo, se mantiene un buen flujo sin regiones estancadas a través de esta región anular de alta viscosidad en virtud del alto caudal generado a través de la zona de baja viscosidad del tubo de aspiración. De este modo, la región anular entre la pared 20 del tubo de aspiración y la pared lateral del tanque 10 tiene una velocidad de fluido axial relativamente alta y se recircula el líquido rápidamente a la región del tubo de aspiración de alto esfuerzo cortante, baja viscosidad.

El dimensionamiento relativo del diámetro del tubo de aspiración y de los rodets y sus emplazamientos en el tubo de aspiración están relacionados con el caudal para que se obtenga la circulación y el mezclado requeridos. Entonces el caudal y el volumen contenido en el tubo de aspiración y el volumen del tubo son suficientes para establecer un flujo axial entre el tubo y la pared del tanque para un amplio intervalo de viscosidades, hasta viscosidades del orden 10^4 cp (Brookfield) inclusive.

Para evitar zonas estancadas en el ángulo formado por la pared lateral y el fondo 16 del tanque 10, es deseable instalar una placa anular o anillo 46, el cual define un acuerdo para suavizar el flujo después del ángulo. Alternativamente se puede curvar la chapa de manera convexa, hacia dentro, para proporcionar un contorno generalmente circular para el acuerdo 46. A fin de gasificar el líquido, un tubo de aspersión 50 dirige el gas al extremo inferior del tubo de aspiración, preferiblemente en la proximidad de las puntas (los extremos radialmente más hacia fuera o periféricos) de las paletas del rodete 26 situado más abajo. La introducción de cualquier gas incluyendo el aire atmosférico o aire enriquecido en oxígeno. También se puede usar oxígeno prácticamente puro (90 a 95%). La dispersión del gas o la incorporación del gas al líquido puede producirse debido a la turbulencia en la superficie del líquido 12 en la cual se produce el contacto gas-líquido y el arrastre del gas en el líquido de manera que recircula hacia abajo a través de la región anular exterior. Debido al alto valor del esfuerzo cortante en el tubo de aspiración, el líquido está a baja viscosidad y permite que el gas del tubo de aspersión 50 se rompa en finas burbujas que presentan una gran área interfacial total gas-líquido para facilitar la transferencia de masa. Se puede medir la efectividad de la transferencia de masa de oxígeno en términos del coeficiente general de transferencia de masa a fase líquida (k_L a).

A fin de proporcionar las condiciones de alto esfuerzo cortante (esfuerzo cortante suficientemente alto para reducir la viscosidad del líquido del tanque de manera que pueda circular de manera fácil y uniforme), los rodets 26, 28, 30 y 32 están espaciados suficientemente próximos entre sí de manera que el campo o modelo de su flujo se solape. Cuando se crea los campos de flujo que se solapan, la agitación produce una fuerza no sólo axial, sino también radial significativa en el fluido. Los conjuntos de deflectores 38, 40, 42 y 44 inhiben este componente radial, el cual produce un flujo turbulento, de manera que el flujo hacia arriba a través del tubo de aspiración es sustancialmente axial. Los deflectores se proyectan preferentemente de manera radial hacia dentro en distancias suficientes para inhibir el flujo radial del líquido. Preferiblemente, la altura de los deflectores es tal que el espaciamiento entre los bordes superior e inferior de los deflectores y los rodets adyacentes sea mínimo a fin de proporcionar una separación de marcha práctica para los rodets 28-32.

Se ha encontrado que los siguientes parámetros proporcionan unas condiciones adecuadas para la circulación efectiva del líquido y el mezclado y transferencia de masa y oxigenación. Se apreciará que los valores específicos que se escogen dependen de la materia (líquido, pasta líquida u otro medio) que se circula y airea. Las características se incluyen en la lista generalmente en orden de incidencia crítica. Es una característica de la invención proporcionar un sistema de mezclado en el que cada uno de estos parámetros se usa de manera que asegure los beneficios de un mezclado y una circulación eficientes del líquido y un contacto gas-líquido (transferencia de masa) eficaz, especialmente en los procesos de biorreacción. Los parámetros son los siguientes:

1. La relación del diámetro del tubo de aspiración al diámetro del tanque está entre aproximadamente 0,35 y 0,75, prefiriéndose actualmente una relación de aproximadamente $2/3$ (0,667).
2. La relación del diámetro del rodete al diámetro del tubo de aspiración está entre aproximadamente 0,5 y 0,96. Todos los rodets 26-32 son generalmente del mismo diámetro entre las puntas de las paletas. Si se usan rodets de distinto diámetro, se usa el rodete de mayor diámetro para seleccionar este parámetro, es decir, la relación del diámetro del rodete al diámetro del tubo de aspiración.
3. El espaciamiento vertical de los rodets, esto es, la distancia entre la altura media del rodete, tal como se mide entre los bordes de ataque y de seguimiento de las paletas del mismo, está entre 0,70 y 1,30 veces el diámetro del mayor de dos rodets adyacentes. En otras palabras, en los casos en los que los rodets adyacentes tienen el mismo diámetro, pueden estar separados entre 0,70 y 1,30 veces el diámetro de un rodete. En los casos en los que los rodets adyacentes tienen distinto diámetro, se usa el diámetro mayor para determinar el espaciamiento en el intervalo entre 0,70 y 1,30 veces el diámetro mayor de los diámetros de dos rodets adyacentes. Preferiblemente, los rodets están espaciados de manera que las líneas medias están separadas aproximadamente 1,0 veces el diámetro del rodete.
4. La relación de la anchura radial de los deflectores verticales dentro del tubo de aspiración al diámetro del tubo de aspiración está preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 0,1 a 0,4. Actualmente se prefiere una relación de aproximadamente 0,33 de la anchura radial al diámetro del tubo de aspiración. La

ES 2 278 457 T3

altura de los deflectores en la dirección vertical debería aproximarse a la de los rodets, y preferiblemente ser adyacentes a los mismos, permitiendo sólo un espaciamiento suficiente para la rotación de los rodets sin interferencia.

5. Preferiblemente hay dos a cuatro deflectores en cada conjunto de deflectores adyacente a los rodets.

6. Se puede sumergir el extremo superior del tubo de aspiración desde la superficie del líquido hasta aproximadamente 0,3 veces el diámetro del tubo de aspiración. En casos en los que se usa un rodete de aireación superficial o en los que se usa un conducto de desviación, como se describirá más adelante en relación con las Figs. 8 a 11, la parte sumergida del tubo de aspiración debe ser suficiente para permitir la inserción del aireador de superficie y/o del desviador de flujo en la parte superior del tubo de aspiración. Sin embargo, el volumen del líquido del tanque ocupado por el tubo de aspiración debería seguir siendo sustancial y ser al menos de 0,25 veces el volumen del líquido del tanque (entre el fondo del tanque, el nivel del líquido y dentro de las paredes laterales del tanque). El rodete extremo superior debería estar también a menos de aproximadamente un diámetro de rodete de la superficie de líquido del tanque. La colocación del rodete extremo superior se selecciona de manera que engendre una buena turbulencia superficial y contacto adicional gas-líquido para mejorar la tasa de transferencia de gas y el coeficiente de transferencia de masa del sistema.

7. La separación desde el fondo de la parte inferior del tubo de aspiración es preferiblemente de aproximadamente 0,3 a aproximadamente 0,7 veces el diámetro del tubo de aspiración. El parámetro preferido es 0,5 veces el diámetro del tubo de aspiración para el espaciamiento o distancia del fondo de la parte inferior o extremo inferior del tubo de aspiración desde el fondo del tanque.

Haciendo referencia a las Figs. 3 y 4, se muestra un sistema de rodets que tiene cuatro rodets 60, 62, 64 y 66. Existen dos rodets de flujo axial 60 y 64 y dos rodets de flujo radial 62 y 66 que están dispuestos de manera alternada a lo largo del eje de rotación (el cual es el eje de un árbol 68 que es común a todos los rodets). Los rodets de flujo axial pueden ser PBT o rodets de paletas de perfil aerodinámico, tal como se trata en relación con las Figs. 1 y 2. Los rodets de flujo radial 62 y 66 pueden ser de las llamadas turbinas Rushton, tal como los rodets de flujo radial de la clase R-100, los cuales se encuentran actualmente disponibles en Lightin Unit de General Signal Corporation. Se puede encontrar información acerca del diseño de los rodets de flujo radial en Englebrecht y Weetman, patente EEUU N° 4.454.078 y Stanton, patente EEUU N° 4.207.275.

La Fig. 3 ilustra también un conjunto inferior 70 de deflectores verticales, el cual puede extenderse hacia fuera desde el extremo inferior 22 del tubo de aspiración, o el borde inferior del deflector puede ser coincidente con el extremo inferior del tubo de aspiración.

El gas es rociado en el extremo inferior del tubo de aspiración. Los rodets de flujo radial y axial están acoplados estrechamente de manera que sus modelos de agitación y los campos de esfuerzo cortante se solapan permitiendo de este modo una buena circulación axial hacia arriba del líquido a través del tubo de aspiración y la recirculación a través del anillo entre el tubo de aspiración y la pared lateral del tanque.

El sistema mostrado en la Fig. 5 es similar al sistema mostrado en la Fig. 3, excepto que el tubo de aspiración ocupa una fracción mayor del volumen de líquido del tanque y los deflectores se extienden radialmente hacia dentro una distancia menor con respecto al diámetro del mayor rodete (los rodets de flujo axial 50 y 64) que en el caso del sistema mostrado en las Figs. 3 y 4.

El uso de rodets alternados de flujo axial y radial proporciona un mezclado, una circulación y una gasificación adecuados, y permite unas amplias tasas de circulación (por ejemplo un flujo de 15,24 cm/s (½ pie por segundo)), aun en el anillo alrededor de los tubos de aspiración, de manera que produce un buen mezclado de líquidos y revuelto de arriba abajo y una amplia transferencia de masa del gas al líquido y la dispersión y la disolución del gas en el líquido. En la medida en que las partes mostradas en las Figs. 3, 4 y 5 son similares a las mostradas en las Figs. 1 y 2, se usan números de referencia análogos.

Haciendo referencia a las Figs. 6 y 7, se muestra un sistema de mezclado 80 en el tanque 10 que tiene tres rodets de flujo axial 82, 84 y 86 dentro del tubo de aspiración 20 y un rodete de flujo radial 88 en el árbol 34 común a todos los rodets. El rodete 88 de flujo radial está situado debajo del tubo de aspiración en la región en la que el flujo de líquido se vuelve hacia arriba dentro del tubo de aspiración. En el caso de los rodets del tubo de aspiración, los deflectores, especialmente el conjunto extremo superior de deflectores y de los tubos de aspiración (conjuntos 90 y 92 de la Fig. 6), reducen la turbulencia, promoviendo asimismo la circulación hacia arriba a través del tubo de aspiración y luego hacia abajo dentro del anillo entre las paredes laterales del tanque y el tubo de aspiración 20.

El rodete de flujo radial tiene un número de potencia (relación entre la potencia en caballos de vapor que se necesita para accionar el rodete y el producto del cubo de la velocidad del rodete por el diámetro del rodete elevado a la quinta potencia) que es mucho más alto que la suma de los números de potencia de los rodets del tubo de aspiración y de manera preferible aproximadamente igual a la misma; de este modo, el rodete 88 de flujo radial toma al menos tanta potencia como la totalidad de los tres rodets 82, 84 y 86 del tubo de aspiración.

El campo de agitación del rodete de flujo radial 88 se extiende hasta el extremo inferior del tubo de aspiración y facilita la creación del modelo de agitación y del campo de esfuerzo cortante en un volumen suficiente del tanque para promover la completa inversión o circulación (mezclado de la parte superior a la inferior) del líquido del tanque 10. También el rodete de flujo radial facilita la dispersión efectiva del gas del tubo de aspiración en el sistema de mezclado.

- 5 Para inhibir la turbulencia en el sistema de mezclado del rodete 88 de flujo radial, se dispone una pluralidad (al menos dos pares) de deflectores verticales 96 y 98 a lo largo de las paredes laterales del tanque 10 y se extienden al menos la mitad de la distancia del fondo del tanque a la parte inferior del tubo de aspiración para los medios líquidos típicos que se mezclan, circulan y airean.
- 10 En el caso de que se haga la gasificación con un gas distinto del aire y especialmente en todos los procesos de fermentación, es deseable que el espacio superior de gas (la distancia entre el cerco 14 del tanque y el nivel de líquido 12, mostrada como 100 en la Fig. 1) sea sellada por una tapa 102. Por ejemplo, cuando se usa oxígeno como el gas con fines de aireación, se sella deseablemente el espacio superior. Se puede introducir el oxígeno por un conducto que entra en la parte superior 100 a través de la pared lateral del tanque.

- 15 Haciendo referencia a la Fig. 8, se muestra otra realización de la invención que utiliza un sistema de mezclado 200, el cual tiene un rodete 202 de aireación superficial de flujo radial con paletas espaciadas circunferencialmente alrededor del eje de rotación 204 del árbol 206 de accionamiento común del rodete 202 y de los cuatro rodetes 208, 210, 212 y 214 de flujo axial con PBT a 45 grados. El rodete 202 de aireación superficial de flujo radial puede ser adecuadamente un rodete Modelo R-335 de Lightin y proporciona un área interfacial adicional gas-líquido permitiendo una sombrilla de rociado, arrastrando de esta manera aire adicional de nuevo a la superficie del líquido, la cual es recirculada hacia
- 20 debajo de la región angular entre el tubo de aspiración 220 y las paredes laterales del tanque 222. El aireador superficial 202 proporciona también una acción adicional de bombeo de líquido a través del tubo de aspiración 220. En los casos en los que se usa un aireador superficial, el extremo superior 224 del tubo de aspiración puede ser coincidente con la superficie 226 del líquido (el nivel de líquido estático del tanque).

- En el sistema mostrado en la Fig. 8, se disponen unos tubos de aspersión 228 separados los cuales se extienden hacia abajo a lo largo de la pared lateral del tanque al conjunto 230 inferior de deflectores. Los tubos de aspersión se enganchan hacia arriba en el tubo de aspiración de manera que facilitan la introducción del gas directamente en el
- 30 tubo de aspiración. Es una característica de la invención proporcionar la aspersión bien en el tubo de aspiración o en el espacio de gas superior o en ambos. Cuando se usa oxígeno prácticamente puro, se introduce en el espacio superior, en los tubos de aspersión, tales como el conjunto de tubos 228, o tanto en el espacio superior como en el conjunto de tubos.

- 35 Haciendo referencia a las Figs. 9, 10 y 11, se muestra un sistema 300 de rodetes que tiene adicionalmente a una disposición de los rodetes y deflectores en un tubo de aspiración 302, similar a la disposición de los rodetes 208, 210, 212 y 214 y sus deflectores asociados, un conducto 304 para facilitar la desviación del flujo de líquido hacia arriba saliendo del tubo de aspiración a la región anular entre el tubo de aspiración 302 y las paredes laterales del tanque 306. Este conducto puede ser una carcasa semitoroidal que tiene unos deflectores radiales usándose al menos uno y preferiblemente dos pares de deflectores 210, separados 180 grados, para inhibir el flujo radial y acortar el circuito del
- 40 flujo de vuelta al tubo de aspiración. Estos deflectores se extienden radialmente hacia dentro desde aproximadamente el tubo de aspiración a la periferia interior del conducto 304. El conducto 304 puede ser rigidizado por una varilla o hierro angular 312. La conexión al tubo de aspiración puede realizarse por soldaduras a lo largo de los bordes inferiores de los deflectores 310 y del borde superior del tubo de aspiración.

- 45 Extendiéndose a través del nivel 316 de la superficie estática del líquido del tanque 306, se encuentra un rodete de aireación superficial mejorado. El rodete tiene una pluralidad de paletas 320 que se extienden verticalmente. Cada paleta está colocada formando un ángulo (alfa-etc.) de aproximadamente 30 grados con una línea radial sucesiva, espaciada circunferencialmente alrededor del eje del rodete (el eje del árbol común 322).

- 50 Estas paletas tienen porciones verticales 324 en los extremos superiores de las mismas. Las paletas 320 tienen también, extendiéndose preferiblemente por debajo de la superficie del líquido 316, unas porciones 326 que se curvan hacia fuera y definen unos ángulos obtusos de aproximadamente 120 a 135 grados con respecto a las porciones verticales 324 de las mismas. Las paletas actúan como recogedores para proporcionar un flujo abundante a la sombrilla de rociado de líquido desde la superficie del aireador. El rociado cae de nuevo sobre el conducto 304 en la región anular entre las paredes laterales del tanque 306 y el tubo de aspiración 302, con lo cual se facilita adicionalmente el arrastre de gas desde el espacio superior por encima del líquido y se proporciona un gran coeficiente de transferencia de masa, KL a. La realización mostrada en las Figs. 9-11 puede ser preferible cuando se usa oxígeno de alto grado de pureza como el gas del proceso realizado en el tanque 306.

- 60 Haciendo referencia a la Fig. 12, se muestra una curva de mediciones de la concentración de oxígeno disuelto, D.O. en función del tiempo que es útil para determinar el coeficiente general de transferencia de masa a la fase líquida, k_L a. Se puede determinar el coeficiente de transferencia de masa por medio de un ensayo de reaireación en estado inestable, el cual usa las mediciones de la concentración de oxígeno disuelto a lo largo del tiempo a partir de sondas de oxígeno disuelto en la disolución o por valoración directa de una muestra de líquido.

Sin embargo, determinar de manera precisa las mediciones de concentración de D.O. a lo largo del tiempo en medios de alta viscosidad, opacos, tales como las disoluciones de goma xantana, es extremadamente difícil. El uso

ES 2 278 457 T3

preciso del procedimiento de ensayo de reaireación en estado inestable requiere también un buen mezclado de líquido en la fase líquida general en volumen, sin zonas muertas. También se requieren unas regiones de flujo elevado en las que se puede lograr la calibración precisa y el uso de sondas de D.O. La presente invención proporciona un sistema de mezclado y circulación eficaz de líquidos, el cual satisface todos estos requisitos para un uso preciso del procedimiento de ensayo de reaireación en estado inestable. Los sistemas convencionales de mezclado de líquidos no pueden ser evaluados de manera eficaz usando el procedimiento de ensayo de reaireación en estado inestable para fluidos de alta viscosidad con aligeramiento por esfuerzo cortante debido al pobre nivel de volumen de líquido que se mezcla y revuelve en el tanque.

El ensayo de reaireación en estado inestable se realiza haciendo una tanda de disolución de goma xantana mezclando y aireando en el sistema real de mezclado y aireación que se somete a ensayo. Esto puede hacerse durante varias horas de manera que haya la seguridad de que se ha alcanzado el nivel de equilibrio de oxígeno disuelto.

A continuación, se extrae una muestra de ensayo de la tanda y se mide el contenido de oxígeno disuelto en equilibrio usando un procedimiento de valoración del oxígeno disuelto de Winkler modificado adaptado específicamente a las disoluciones opacas de alta viscosidad.

Entonces se usa el contenido de oxígeno disuelto a saturación para calibrar las sondas de oxígeno disuelto para el nivel de oxígeno disuelto en equilibrio (miligramos por litro de oxígeno disuelto) en la disolución.

Una vez se ha completado el procedimiento anterior de calibración de sondas de D.O., se extrae del líquido del tanque el oxígeno disuelto por burbujeo de un gas no reactivo, por ejemplo nitrógeno, a través de la tanda que está en el tanque. Se puede hacer esto en el sistema de mezclado sustituyendo el aire o el oxígeno como el gas de aireación por nitrógeno.

Se hicieron mediciones con la sonda de oxígeno disuelto para mostrar que se ha extraído el oxígeno disuelto de la disolución líquida. La extracción puede durar de 10 a 15 minutos. A continuación, se realiza la reaireación con aire u otro gas que contenga oxígeno hasta que se haya alcanzado la saturación de oxígeno en el volumen principal de la fase líquida. Se hacen mediciones de concentración de D.O., durante la reaireación, en periodos sucesivos de tiempo. Entonces se traza la curva de la Fig. 12, t_0 corresponde al arranque de la reaireación y C_0 es la concentración inicial de D.O.

La tasa de transferencia de oxígeno (OTR) en cualquier punto es la pendiente de la curva de la Fig. 12 o dC/dt . También se define la pendiente de la curva como igual a $k_L a (C^* - C_0)$ donde C^* es igual al nivel de D.O. de equilibrio, por ejemplo, de una muestra tomada del centro del tanque. La solución de la ecuación diferencial resultante es igual a $C = C^* - (C^* - C_0) \exp [-(k_L a)t]$. Una solución estadística del perfil de concentración de D.O. en función del tiempo proporciona un parámetro $k_L a$ totalizado para el proceso de transferencia de masa de oxígeno. El coeficiente $k_L a$ de transferencia de masa es una medida de la efectividad de la aireación en el proceso de mezclado y se usa en los ejemplos presentados a continuación para demostrar la efectividad del proceso para diferentes condiciones y parámetros de proceso.

En los ejemplos 1 a 5, se usa un sistema como el mostrado en las Figs. 1 y 2 en el que los rodets son PBT con diámetro de 432 mm (17 pulgadas). Se usó un sistema de aspersión de gas de cuatro tubos como el mostrado en la Fig. 8, antes bien que un aspersor 50 de tubo único. El líquido que se ensayó en los ejemplos fue una solución que simulaba un caldo de fermentación de goma xantana que contenía un tres a cuatro por ciento en peso de goma xantana. La disolución de simulación era una disolución al dos por ciento en peso de goma xantana y 0,5M (molar) de sulfato sódico, en agua. Los coeficientes de transferencia de masa dados en los ejemplos como coeficiente de transferencia de masa a fase líquida para el volumen general del tanque se midieron usando la técnica de reaireación en estado inestable tal como se ha desarrollado específicamente para medir directa y precisamente el coeficiente de transferencia de masa a fase líquida para disoluciones de goma xantana, como se trató anteriormente.

Ejemplo 1

Diámetro del tubo de aspiración	457 mm (18 pulgadas)
Diámetro del tanque	914 mm (36 pulgadas)
Nivel de líquido	1829 mm (72 pulgadas)
Altura del tanque	2134 mm (84 pulgadas)
Aportación de potencia	4,56 kW/l (23,6 HP/gal)
Tasa de aspersión de gas	0,5 vvm
Caudal de líquido por encima del tubo de aspiración y por debajo por la región anular	3/2 litros/s
Tiempo general de tratamiento del líquido del tanque	3,9 s
Coeficiente general de transferencia de masa a fase líquida	18,9 s ⁻¹

ES 2 278 457 T3

Ejemplo 2

5	Diámetro del tubo de aspiración	610 mm (24 pulgadas)
	Diámetro del tanque	914 mm (36 pulgadas)
	Nivel de líquido	1829 mm (72 pulgadas)
	Altura del tanque	2134 mm (84 pulgadas)
	Aportación de potencia	4,56 kW/l (23,6 HP/gal)
10	Tasa de aspersión de gas	0,5 vvm
	Caudal de líquido por encima del tubo de aspiración y por debajo por la región anular	5/6 litros/s
	Tiempo general de tratamiento del líquido del tanque	2,3 s
	Coficiente general de transferencia de masa a fase líquida	16,5 h ⁻¹

Ejemplo 3

20	Diámetro del tubo de aspiración	457 mm (18 pulgadas)
	Diámetro del tanque	914 mm (36 pulgadas)
	Nivel de líquido	1829 mm (72 pulgadas)
	Altura del tanque	2134 mm (84 pulgadas)
	Aportación de potencia	4,56 kW/l (23,6 HP/gal)
25	Tasa de aspersión de gas	0,1 vvm
	Caudal de líquido por encima del tubo de aspiración y por debajo por la región anular	444 litros/s
	Tiempo general de tratamiento del líquido del tanque	2,7 s
	Coficiente general de transferencia de masa a fase líquida	10,3 h ⁻¹

Ejemplo 4

35	Diámetro del tubo de aspiración	610 mm (24 pulgadas)
	Diámetro del tanque	914 mm (36 pulgadas)
	Nivel de líquido	1829 mm (72 pulgadas)
	Altura del tanque	2134 mm (84 pulgadas)
	Aportación de potencia	4,56 kW/l (23,6 HP/gal)
40	Tasa de aspersión de gas	0,1 vvm
	Caudal de líquido por encima del tubo de aspiración y por debajo por la región anular	456 litros/s
	Tiempo general de tratamiento del líquido del tanque	2,3 s
	Coficiente general de transferencia de masa a fase líquida	9,2 h ⁻¹

Ejemplo 5

50	Diámetro del tubo de aspiración	457 mm (18 pulgadas)
	Diámetro del tanque	914 mm (36 pulgadas)
	Nivel de líquido	1829 mm (72 pulgadas)
	Altura del tanque	2134 mm (84 pulgadas)
	Aportación de potencia	3,04 kW/l (15,75 HP/gal)
55	Tasa de aspersión de gas	0,5 vvm
	Caudal de líquido por encima del tubo de aspiración y por debajo por la región anular	240 litros/s
	Tiempo general de tratamiento del líquido del tanque	5,1 s
	Coficiente general de transferencia de masa a fase líquida	16,5 h ⁻¹

ES 2 278 457 T3

Ejemplo 6

	Diámetro del tubo de aspiración	610 mm (24 pulgadas)
5	Diámetro del tanque	914 mm (36 pulgadas)
	Nivel de líquido	1829 mm (72 pulgadas)
	Altura del tanque	2134 mm (84 pulgadas)
	Aportación de potencia	3,04 kW/l (15,75 HP/gal)
	Tasa de aspersión de gas	0,5 vvm
10	Caudal de líquido por encima del tubo de aspiración y por debajo por la región anular	276 litros/s
	Tiempo general de tratamiento del líquido del tanque	4,4 s
	Coeficiente general de transferencia de masa a fase líquida	12,5 h ⁻¹

15 Adicionalmente a los datos de características de funcionamiento incluidos en los ejemplos anteriores, los nuevos diseños de sistema de mezclador no tienen zonas muertas en ningún lugar dentro de la totalidad del sistema del tanque y logran también una dispersión eficaz del gas en todo el tanque. El tamaño medio de las burbujas que escapan de la superficie del líquido es del orden de 6,3 mm a 12,7 mm (1/4 pulgadas a 1/2 pulgadas) de diámetro en comparación con 203 mm a 304 mm (8 pulgadas a 12 pulgadas) de los sistemas de diseño convencional. También se mejora en gran medida la estabilidad mecánica de todo el sistema de mezclador y tanque sin que se produzca esencialmente ninguna violación o movimiento errático del sistema de mezclador y tanque.

25 De la descripción que antecede resultará claro que se ha proporcionado unos sistemas de mezclador mejorados que están especialmente adaptados para proporcionar un mezclado y un contacto de gas-líquido eficaces y una transferencia de masa mejorada para las disoluciones no newtonianas, con adelgazamiento por esfuerzo cortante.

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Sistema para hacer circular un medio líquido en un tanque, comprendiendo dicho sistema:

- a) un tanque (10) para contener dicho medio líquido;
- b) un tubo de aspiración (20) colocado enteramente dentro de dicho tanque y que define una región generalmente cilíndrica dentro del tubo de aspiración y una región anular entre el tubo de aspiración y la pared del tanque;
- c) una pluralidad de rodets (26, 28, 30, 32) dispuestos en dicho tubo de aspiración y que pueden girar alrededor de un eje que establecen un flujo de dicho medio líquido en direcciones opuestas en dichas regiones cilíndricas y anulares en las que los rodets están en una relación de suficiente espaciado a lo largo de dicho eje y se extienden radialmente a partir de dicho eje a través de dicho tubo; y
- d) una pluralidad de deflectores (38-44) colocados dentro de dicho tubo de aspiración que tienen una anchura radial que se extiende desde dicho tubo de aspiración hacia dicho eje y se extienden entre dichos rodets;

caracterizado porque la relación del diámetro del tubo de aspiración (20) al diámetro del tanque (10) está dentro del intervalo de aproximadamente 0,35 a 0,75 y en el que dichos rodets (28-32) están colocados a lo largo de dicho eje con una distancia entre ellos de aproximadamente 0,6 a 1,4 veces el diámetro del rodete y donde la relación de la anchura radial de dichos deflectores (38-44) al diámetro de dicho tubo de aspiración (20) es al menos de 0,1.

2. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicho tanque está dispuesto verticalmente y dicho flujo en dicho tubo de aspiración es en dirección hacia arriba.

3. El sistema según la reivindicación 2, en el que dicho tubo de aspiración y dicho tanque son generalmente coaxiales, definiendo un anillo que se extiende a lo largo de dicho eje, siendo dicho flujo en dirección hacia abajo en dicho anillo.

4. El sistema según la reivindicación 2, comprendiendo además medios para rociar gas en una pluralidad de emplazamientos seleccionados a partir de emplazamientos en la proximidad del extremo situado más debajo de dicho tubo de aspiración, radialmente hacia dentro y axialmente hacia arriba, en dicho rodete más inferior de dichos rodets próximo a la periferia del mismo.

5. El sistema según la reivindicación 2, comprendiendo adicionalmente un rodete de aireación superficial que comprende una pluralidad de paletas espaciadas circunferencialmente entre sí alrededor de dicho eje, teniendo cada una de dichas paletas una porción vertical dispuesta con respecto a una línea radial que se extienden desde dicho eje para definir un ángulo agudo entre las mismas, y teniendo también una porción 326 que se inclina hacia arriba apartándose de dicho eje y define un ángulo de aproximadamente 120 a 135 grados con respecto a dicha porción vertical.

6. El sistema según la reivindicación 1, en el que dicho tanque tiene un fondo, estando dispuesta una región de fondo entre dicho tubo de aspiración y dicho fondo de dicho tanque, otro rodete que produce un flujo dirigido radialmente que puede girar alrededor de dicho eje y que está dispuesto en dicha región del fondo.

7. El sistema según la reivindicación 6, en el que dicho tanque tiene una pared y dicho tubo tiene una pared que definen un anillo que se extiende radialmente a través del cual dicho líquido fluye en una de dichas direcciones opuestas que es la dirección hacia abajo, y unos segundos medios para inhibir el flujo que forma turbulencia alrededor de dicho eje en dicho tanque entre dicho anillo y el fondo de dicho tanque.

8. El sistema según la reivindicación 6, que comprende además medios para rociar gas en una dirección hacia dicho rodete de flujo radial.

9. El sistema según la reivindicación 8, en el que dichos medios de aspersión comprenden un tubo que descarga dicho gas hacia dicho rodete de flujo radial en la periferia del mismo o entre el fondo de dicho tanque y dicho rodete de flujo radial.

10. El sistema según la reivindicación 6, en el que dicha región del fondo tiene una longitud axial de aproximadamente 0,3 a 1,0 veces el diámetro de dicho tubo de aspiración.

11. El sistema según la reivindicación 1, en el que dichos rodets están espaciados con suficiente proximidad entre sí para proporcionar unos campos de agitación que se acoplan para solaparse entre sí.

12. El sistema según la reivindicación 11, en el que en dicha pluralidad de rodets de dicho tubo se alternan rodets de flujo axial y de flujo radial.

ES 2 278 457 T3

13. El sistema según la reivindicación 1, en el que la totalidad de dichos rodets de dicho tubo son rodets de flujo axial sobre un árbol común.

5 14. El sistema según la reivindicación 1, en el que dichos rodets de dicho tubo de aspiración comprenden rodets de flujo axial que tienen un diámetro, cuya relación al diámetro de dicho tubo de aspiración es del orden de aproximadamente 0,4 a aproximadamente 0,98.

10 15. El sistema según la reivindicación 11, en el que los rodets adyacentes de dichos rodets de dicho tubo de aspiración están espaciados entre sí a lo largo de dicho eje desde aproximadamente 0,7 a aproximadamente 1,3 veces el diámetro del rodete.

15 16. El sistema según la reivindicación 15, en el que dichos rodets de dicho tubo de aspiración comprenden unos rodets de flujo axial que tienen el mismo diámetro y que tienen una relación del diámetro de los mismos al diámetro de dicho tubo de aspiración entre aproximadamente 0,4 y aproximadamente 0,98.

17. El sistema según la reivindicación 1, en el que dichos deflectores tienen una anchura radial tal que la anchura de los mismos con respecto al diámetro de dicho tubo de aspiración es aproximadamente de 0,1 a 0,4.

20 18. El sistema según la reivindicación 17, en el que la longitud de dichos deflectores a lo largo de dicho eje proporciona distancias mínimas de separación a dichos rodets en la proximidad a dichos deflectores.

25 19. El sistema según la reivindicación 2, en el que dicho tanque tiene una pared y dicho tubo de aspiración tiene una pared, las cuales definen un anillo que se extiende radialmente desde dicho eje a través del cual circula dicho líquido en una de dichas direcciones opuestas que es la dirección hacia abajo, y unos medios para inhibir la formación de una zona estancada en dicho flujo entre dicho anillo y dicho fondo de dicho tanque.

30 20. El sistema según la reivindicación 1, en el que las longitudes axial y radial de los deflectores son suficientes para impedir prácticamente la turbulencia del líquido dentro de dicho tubo de aspiración y para proporcionar un flujo prácticamente axial del líquido a través del tubo de aspiración.

35 21. El sistema según la reivindicación 1, en el que la altura de los deflectores es tal que el espaciamiento entre los bordes superior e inferior de los deflectores y los rodets adyacentes es aproximadamente el mínimo necesario para proporcionar una distancia de marcha práctica para dichos rodets.

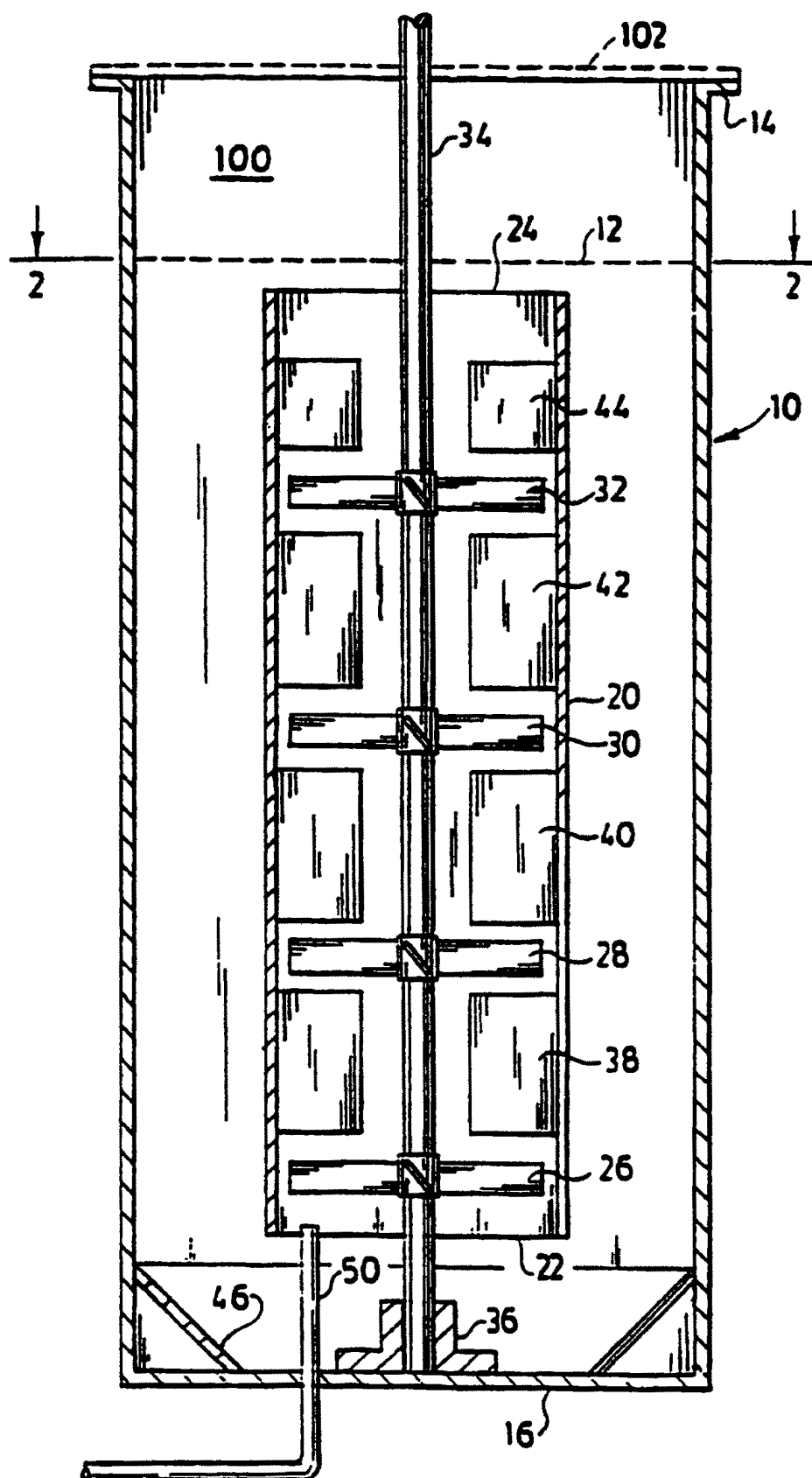


FIG.1

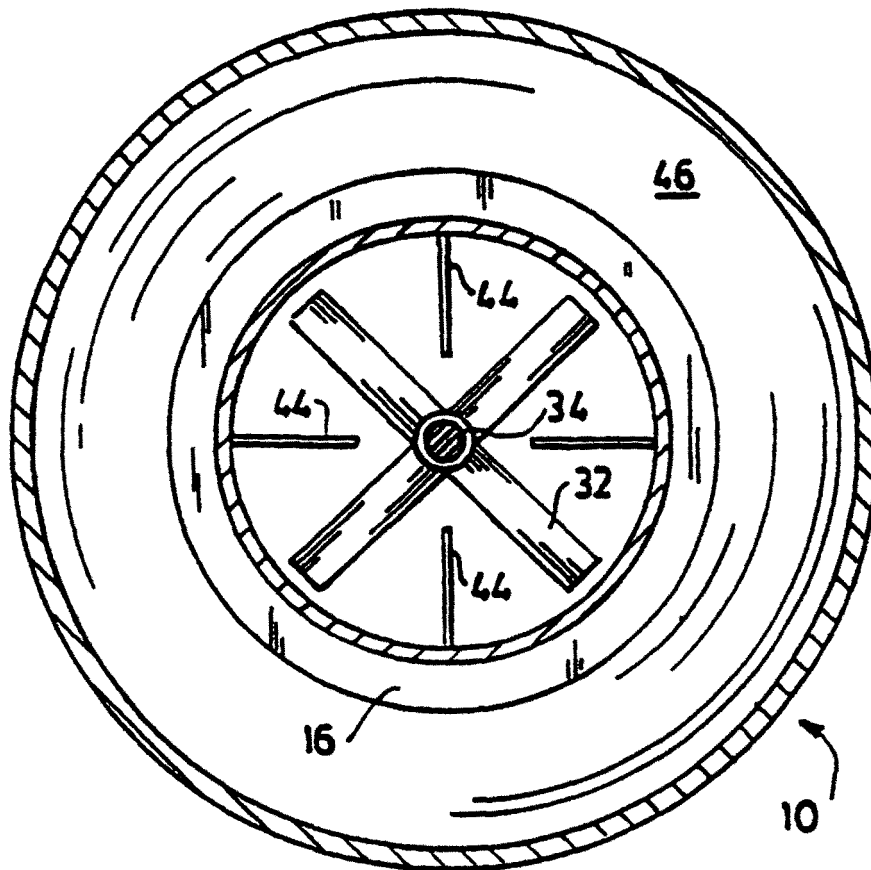


FIG. 2

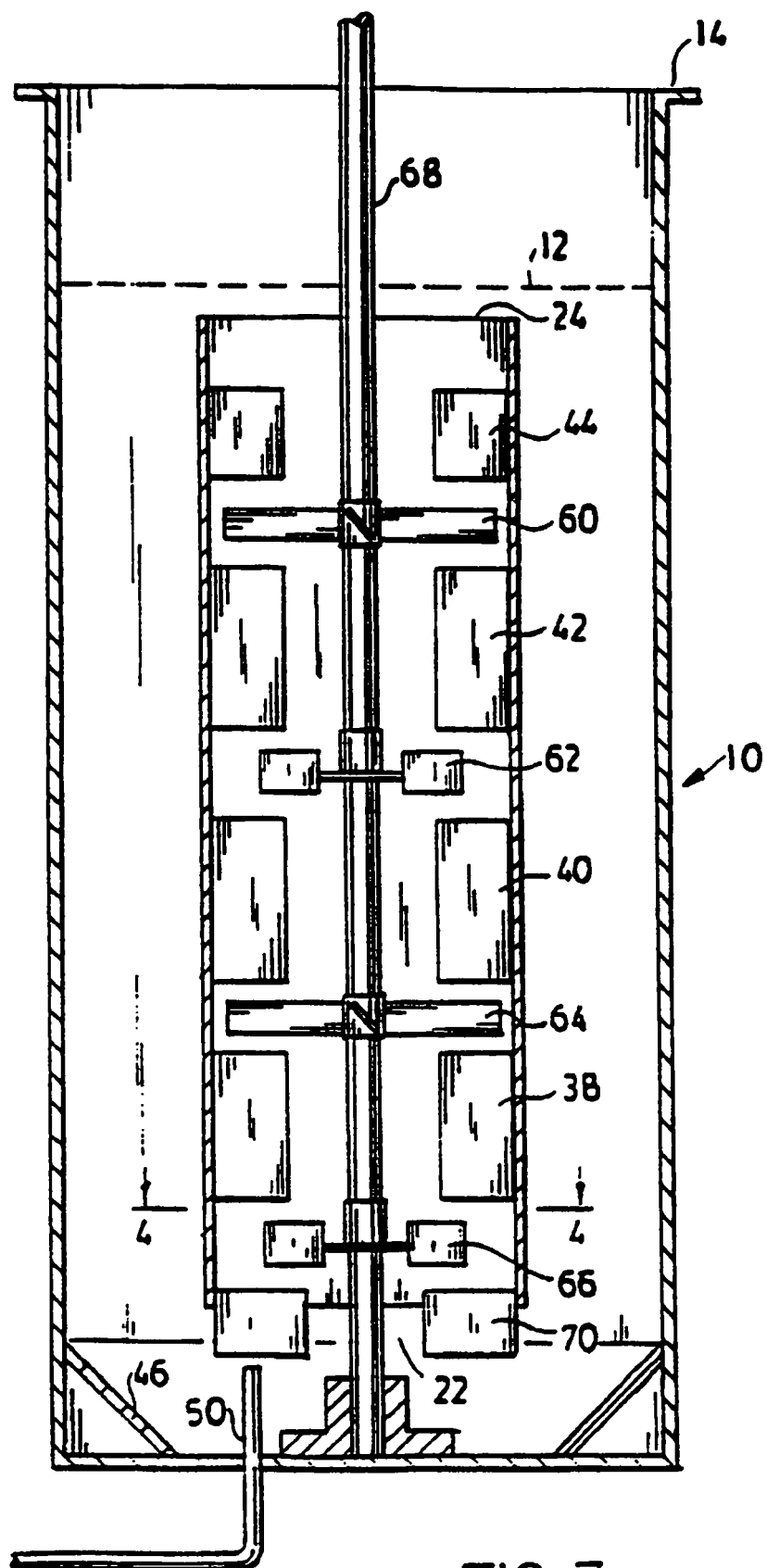


FIG. 3

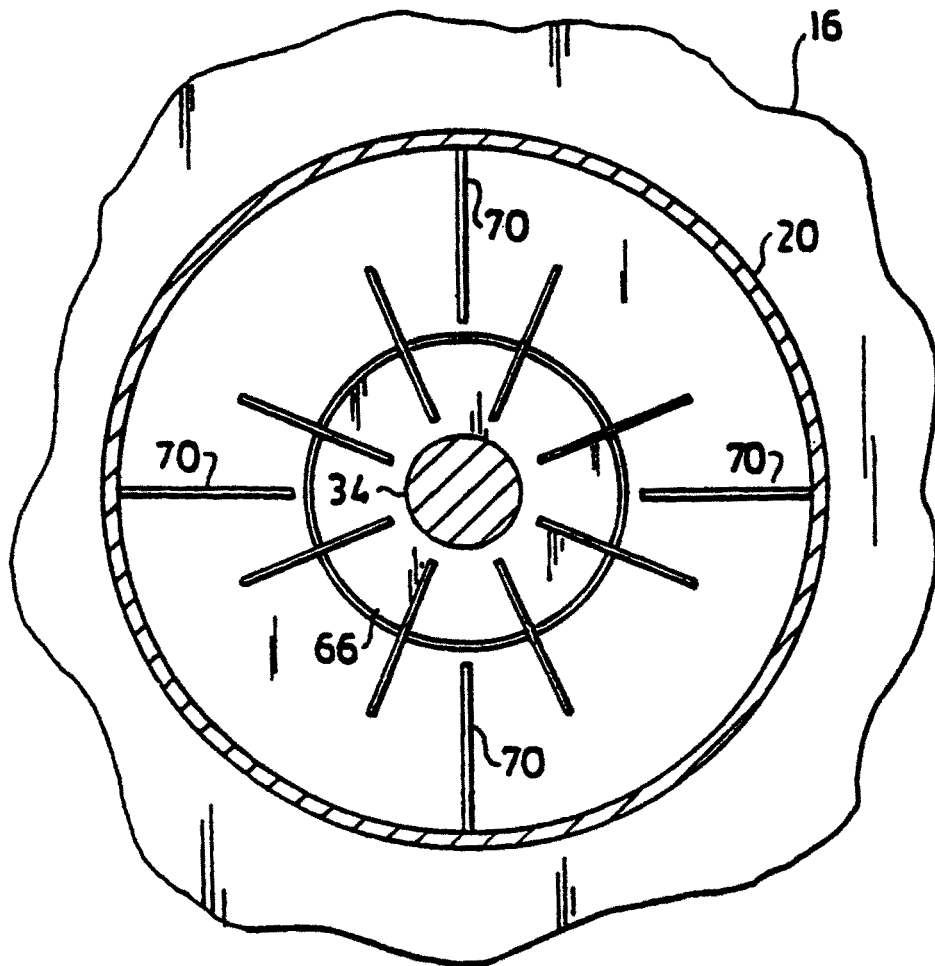


FIG. 4

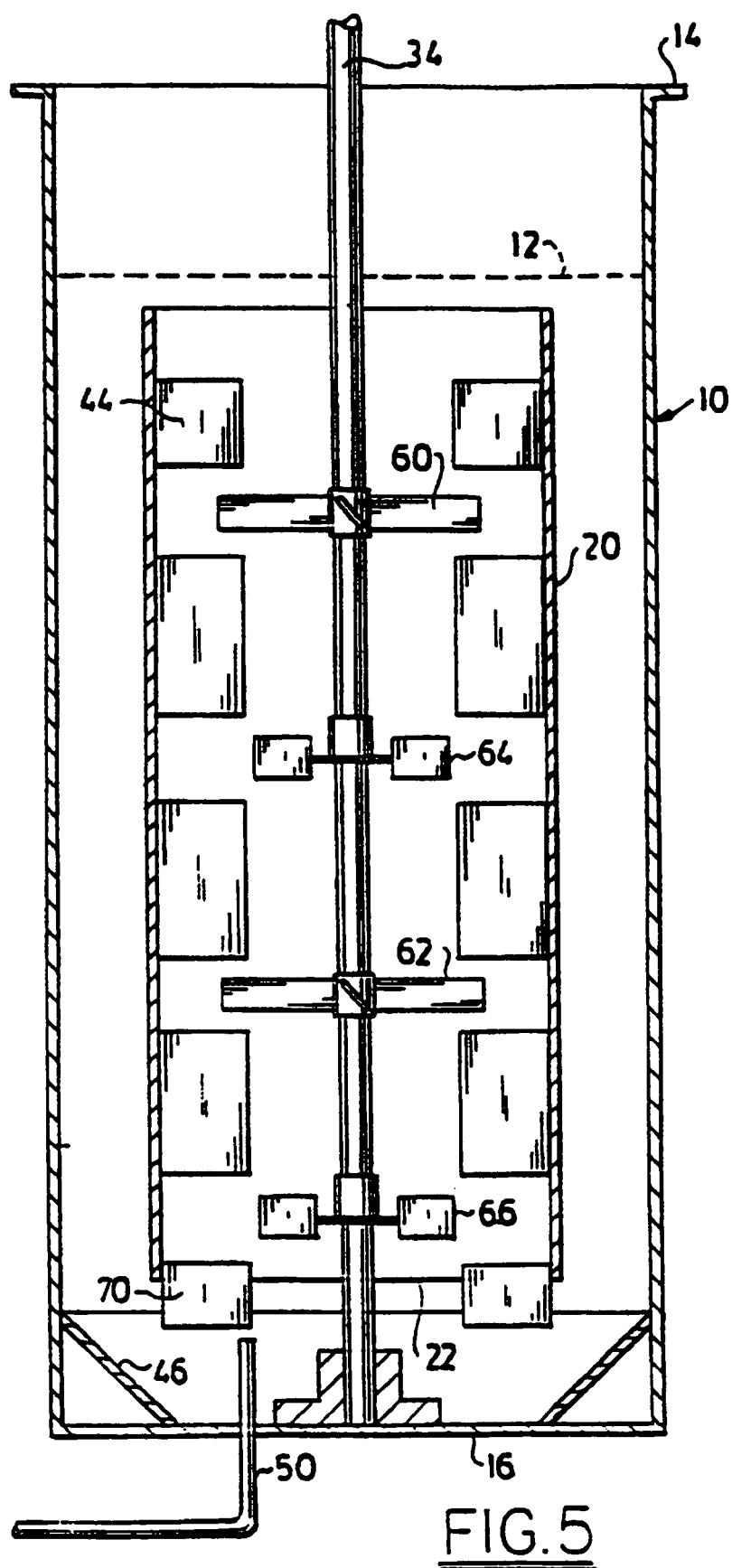


FIG. 5

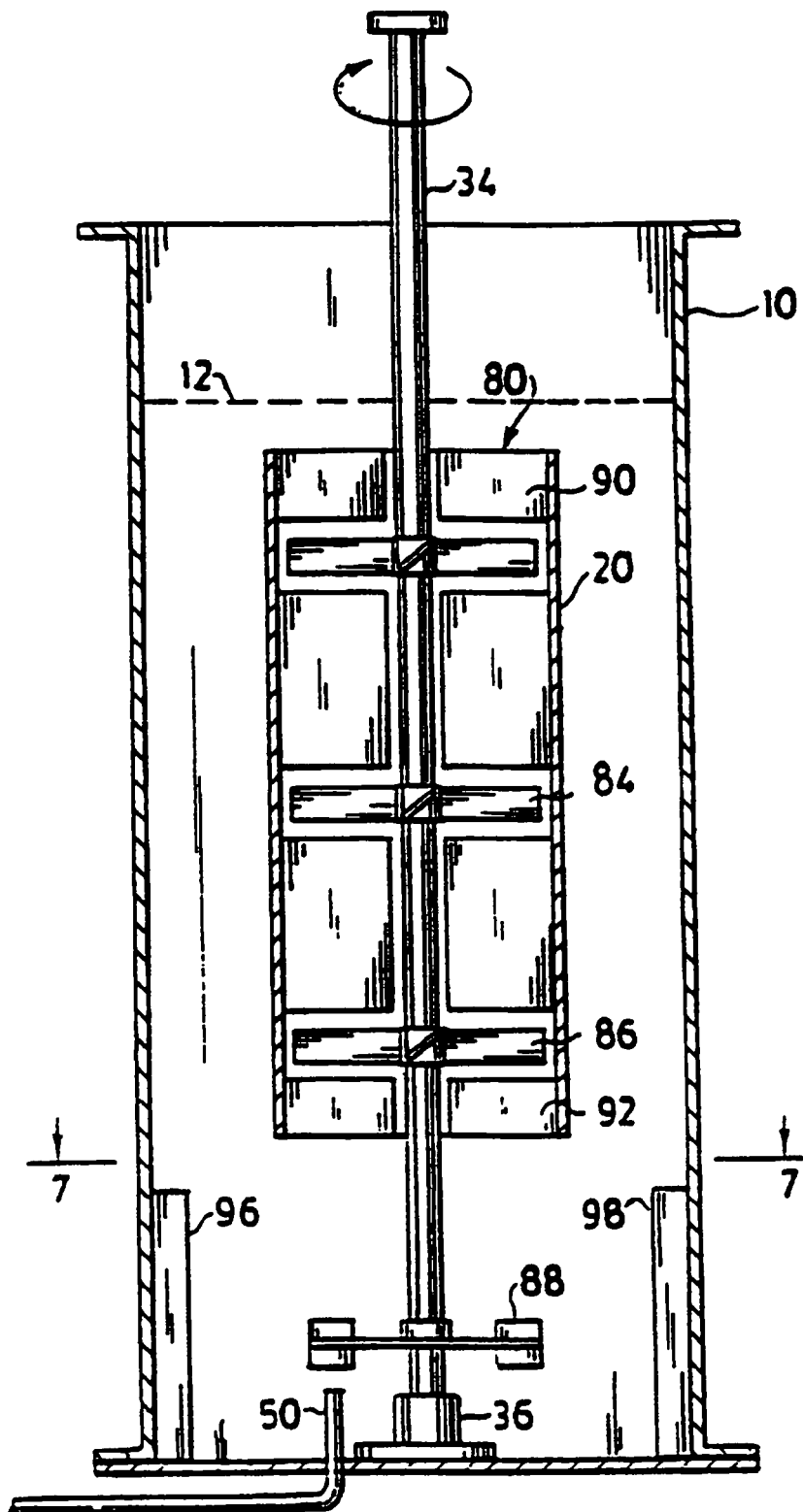


FIG. 6

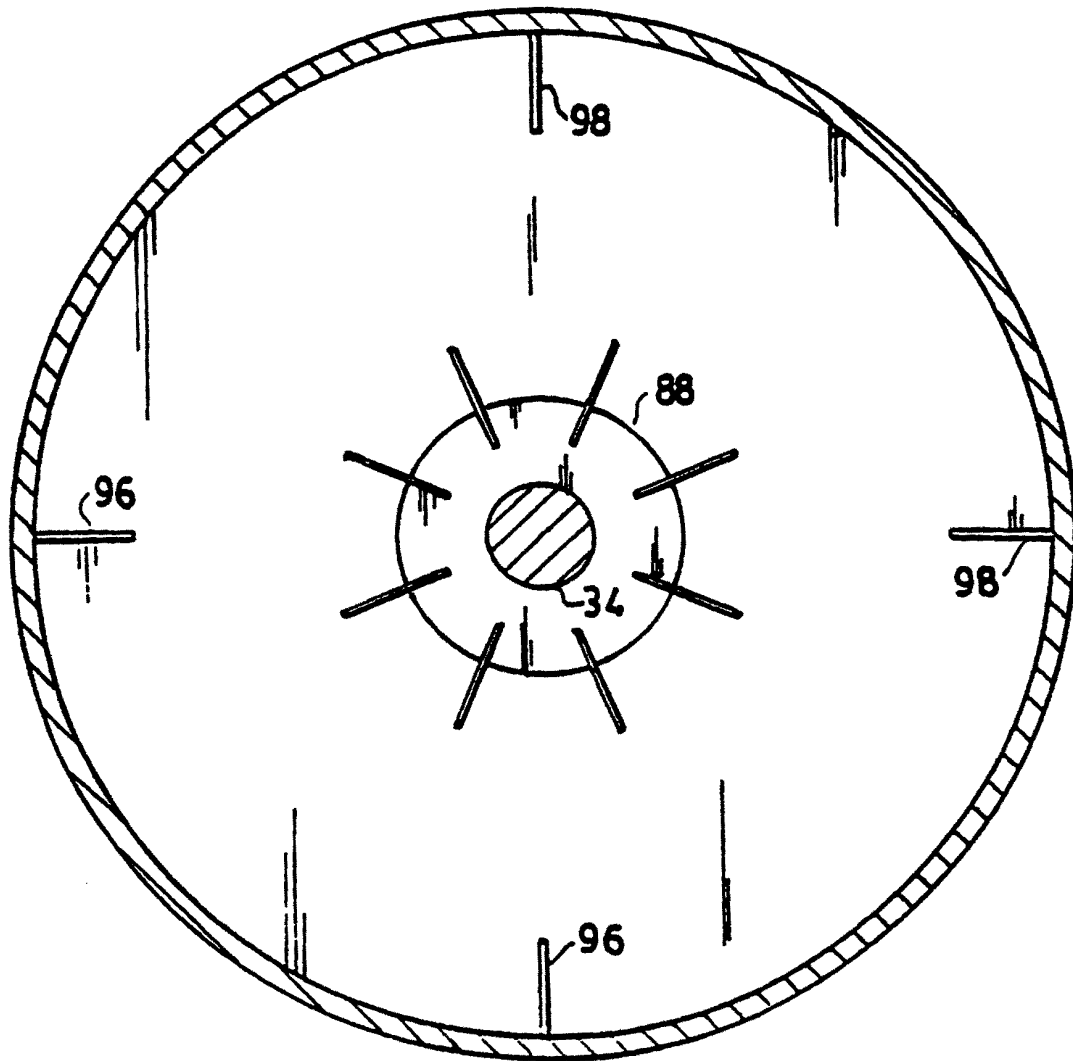
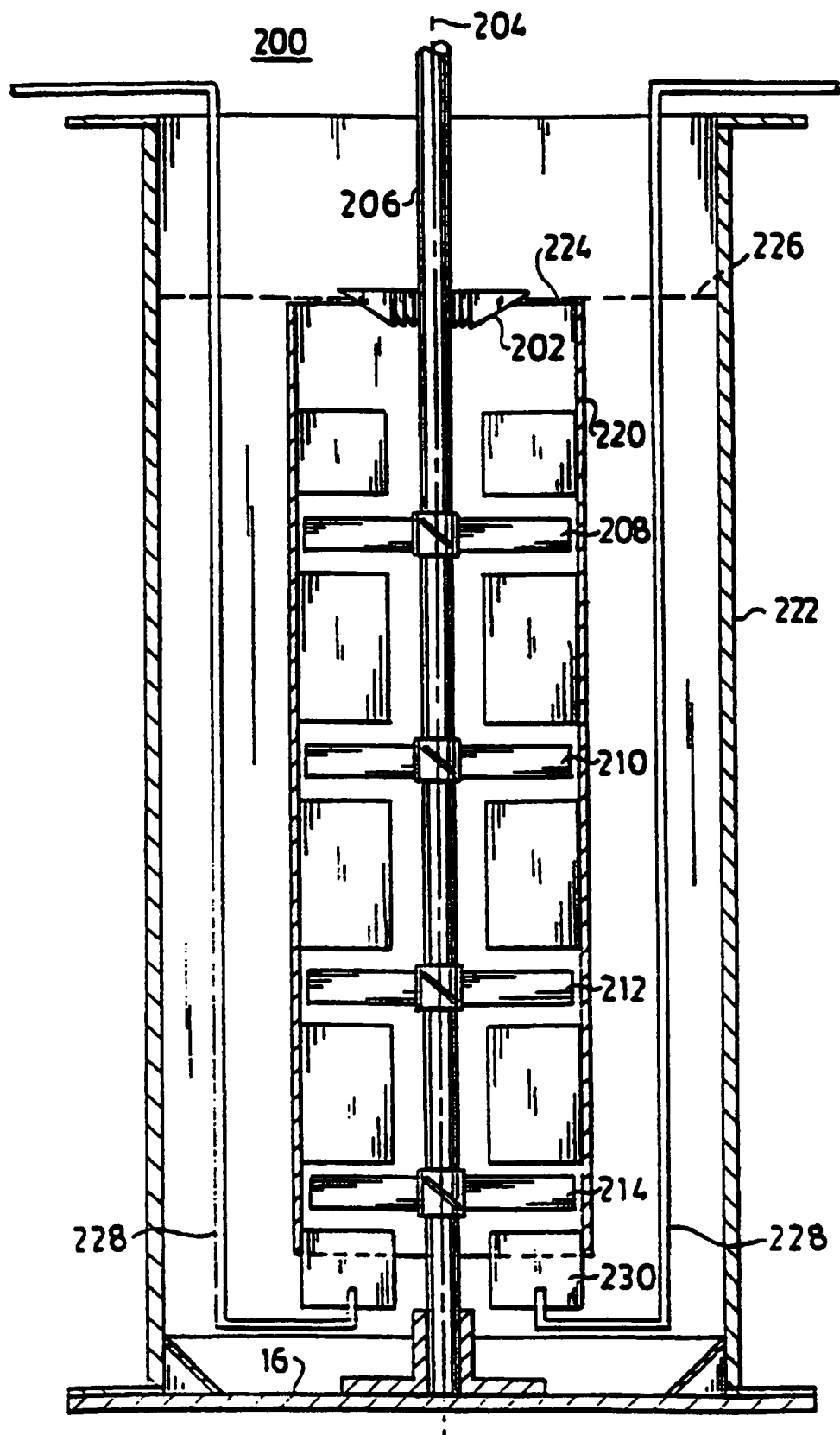


FIG. 7



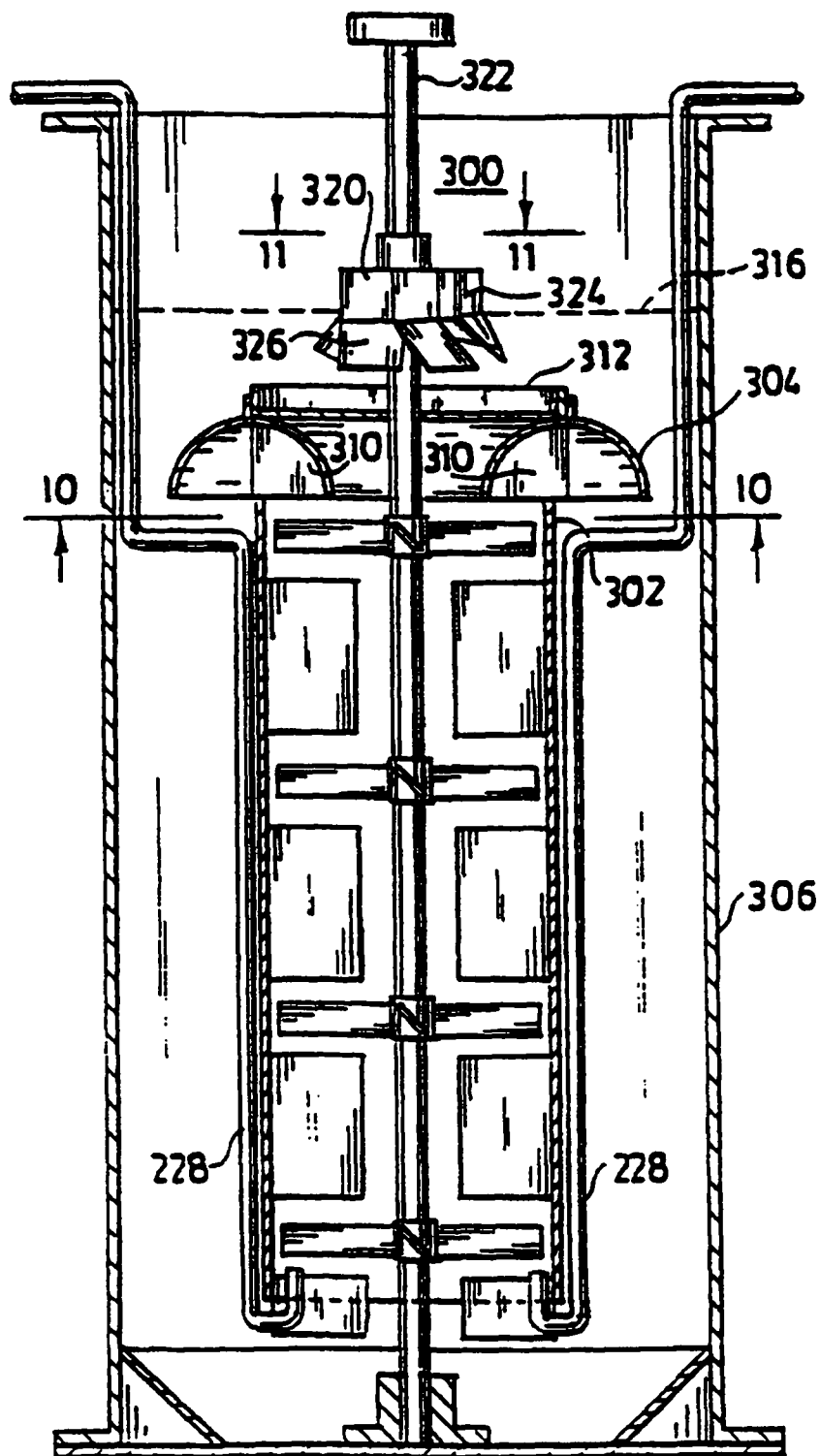


FIG. 9

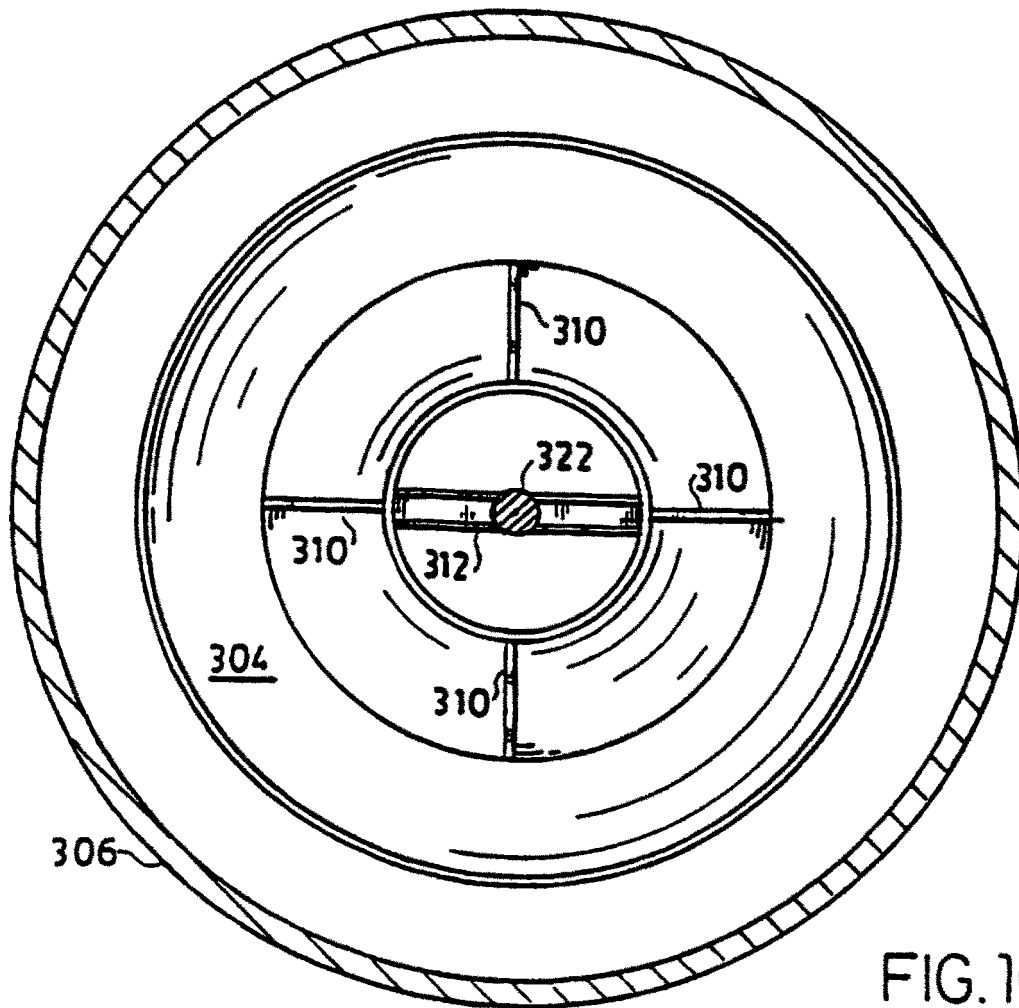


FIG. 10

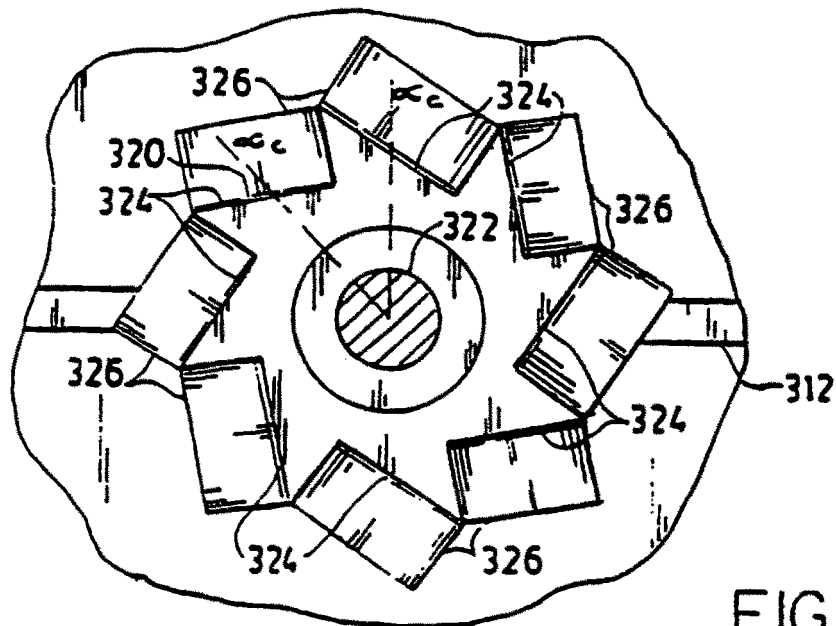


FIG. 11

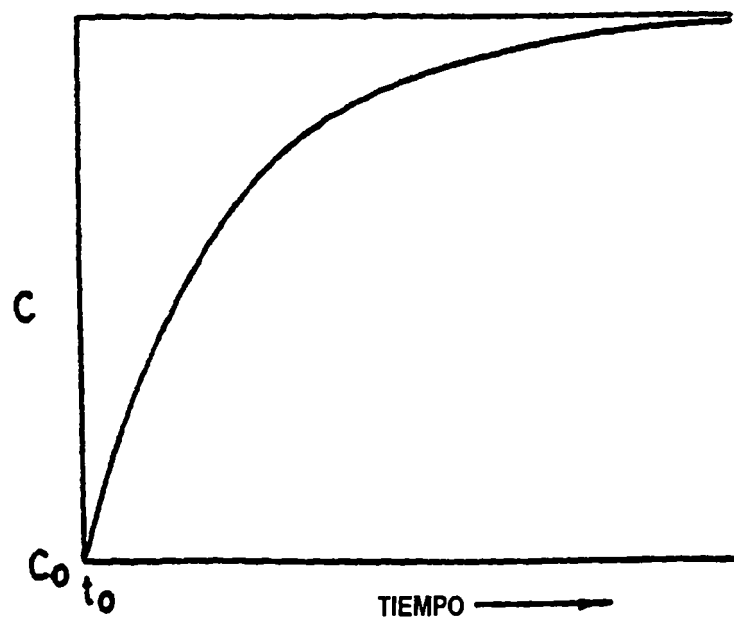


FIG. 12