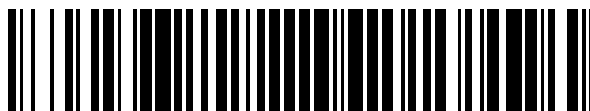


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 609**

51 Int. Cl.:

F23G 7/12 (2006.01)
F23G 5/027 (2006.01)
B01D 3/26 (2006.01)
B01D 5/00 (2006.01)
B01D 53/00 (2006.01)
C10B 53/07 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2015 PCT/EP2015/069639**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.03.2016 WO16030460**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2015 E 15757221 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 3186556**

54 Título: **Mejoras relativas a sistemas de reactor de pirólisis**

30 Prioridad:

28.08.2014 EP 14182622

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

13.04.2020

73 Titular/es:

**PLASTIC ENERGY LIMITED (100.0%)
65 Carter Lane
London EC4V 5DY, GB**

72 Inventor/es:

**MCNAMARA, DAVID y
MURRAY, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 753 609 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Mejoras relativas a sistemas de reactor de pirólisis

5 **Introducción**

Campo de la invención

La invención se refiere a reactores de pirólisis.

10 Nuestra Patente británica anterior número GB2488302B describe un sistema para conversión de residuos de plástico a combustible. Tiene un reactor encima del que un contactor tiene un banco de elementos condensadores en los que los componentes gaseosos de cadena larga se condensan y caen de nuevo al reactor.

15 Otro sistema de reactor de pirólisis y un método de operarlo se describen en WO2011/03446 A1.

La presente invención tiene la finalidad de proporcionar un sistema mejorado.

Resumen de la invención

20 Según la invención, se facilita un sistema de reactor de pirólisis como el expuesto en la reivindicación 1.

En una realización, dicha chapa deflectora tiene forma de disco.

25 En una realización, hay dos o más elementos contactores.

En una realización, el contactor incluye además una cámara superior encima del elemento o elementos contactores, teniendo dicha cámara superior un intercambiador de calor para proporcionar una temperatura uniforme deseada de los gases que salen del contactor.

30 En una realización, el intercambiador de calor incluye tubos que se extienden a través de un recorrido de gas en la cámara superior, y medios para bombear un líquido refrigerante a través del intercambiador de calor.

35 En una realización, el reactor está provisto de un eje longitudinal dirigido hacia arriba hacia el contactor, y una entrada de materia prima está en su extremo inferior, y donde el reactor incluye una barrena dispuesta para distribuir materia prima a la cuba de reactor al girar en una dirección, y para sacar residuo de carbón a través de la entrada de materia prima al girar en la dirección opuesta.

40 En una realización, el reactor incluye paletas de agitación para girar en un eje central en estrecha proximidad a la superficie interior de la cuba de reactor en un extremo inferior del reactor. En una realización, hay paletas de agitación contrahelicoidales. En una realización, las paletas de agitación son soportadas en brazos radiales. En una realización, las paletas de agitación solamente se extienden hacia arriba en una parte limitada del eje longitudinal desde la entrada de materia prima.

45 En una realización, se ha dispuesto una paleta inferior para raspar residuo de carbón de una pared abovedada inferior de la cuba.

50 En una realización, dicha paleta inferior es soportada por brazos radiales que se extienden desde un eje central y por ménsulas que se extienden en la dirección longitudinal desde la paleta inferior a un brazo radial en una posición en dicho brazo radial entre el eje y la pared de la cuba. En una realización, la salida de reactor está desviada del eje longitudinal.

55 En otro aspecto, la invención proporciona un método de operación de un sistema de reactor como el expuesto en la reivindicación 12.

60 En una realización, el método incluye incrementar la temperatura y disminuir la presión para lograr cadenas de longitud más larga. En una realización, el control de la temperatura se realiza dentro de un rango de temperatura de 240°C a 300°C. En una realización, el control de la presión se realiza dentro de un rango de presión de -150 mbar a +350 mbar. En una realización, el control de presión se logra mediante la gestión de la contrapresión hacia abajo del contactor.

Descripción detallada de la invención

Breve descripción de los dibujos

65

La invención se entenderá más claramente a partir de la descripción siguiente de algunas de sus realizaciones, dadas a modo de ejemplo solamente con referencia a los dibujos acompañantes en los que:

5 La figura 1 es una vista frontal cortada y una vista en planta de un reactor de pirólisis de un sistema de la invención, y la figura 2 es una vista que representa componentes internos en el lado izquierdo y una vista exterior en el lado derecho.

10 Las figuras 3(a) a 3(d) son un conjunto de vistas de un contactor para montaje encima del reactor de pirólisis en el que:

La figura 3(a) es una vista frontal,

La figura 3(b) es una vista en alzado en sección transversal en la dirección B-B,

15 La figura 3(c) es una vista en planta en sección transversal en la dirección C-C, y

La figura 3(d) es una vista en planta en sección transversal en la dirección D-D.

20 La figura 4(a) es una vista en planta de un elemento contactor, y la figura 4(b) es un diagrama que representa el montaje de los elementos.

La figura 5(a) es una vista en perspectiva de un elemento contactor, y la figura 5(b) es una vista lateral diagramática que ilustra la operación de los elementos contactores.

25 Las figuras 6(a) a 6(d) son un conjunto de vistas que representan un termointercambiador opcional para montaje en el extremo superior del contactor, en el que:

La figura 6(a) es una vista lateral,

30 La figura 6(b) es una vista lateral con un colector representado solamente en líneas interrumpidas, en la dirección de los tubos,

La figura 6(c) es una vista en planta con la parte superior abovedada quitada, y

35 La figura 6(d) es una vista en planta superior de entre los tubos superior e inferior.

Y las figuras 7 y 8 son gráficos que ilustran parámetros operativos de un sistema que incorpora el reactor de la figura 1 y el contactor de la figura 3.

40 **Descripción de las realizaciones**

Con referencia a las figuras 1 y 2 se ilustra un reactor de pirólisis 1, para uso en un sistema, tal como el del tipo descrito en GB2488302B. El reactor 1 tiene una envuelta 2, una entrada 3 y una salida 4. Un eje central 5 se extiende a lo largo de su eje y soporta:

45 paletas de agitación 10 en una disposición contrahelicoidal y que están colocadas para raspar la superficie interior de la envuelta 2,

50 brazos radiales 11 que soportan las paletas de agitación 10, y

una barrena 15.

55 También hay ménsulas 26 que conectan el brazo radial inferior 11 a la paleta inferior 10, que raspa la superficie interna de la cúpula inferior de la envuelta 2. Esto proporciona resistencia adicional para raspar y sacar residuo de carbón del reactor 1 mediante la entrada de materia prima 3 cuando la barrena 15 gira en una dirección para bombear residuo de carbón hacia abajo.

60 Encima de la salida 4 hay un motor 20, y una caja de engranajes 21 que mueve el eje 5. La salida de reactor 4 está desviada del eje longitudinal, y está enlazada directamente con un contactor 100. Esto permite que el reactor 1 y el contactor estén integrados, con flujo de gases hacia arriba a través de la salida 4 y un tubo al contactor 100, y retorno de hidrocarburos de cadena larga al reactor 1.

65 Un controlador del reactor 1 está dispuesto, entre otros, para girar el eje 5 para suministrar residuos plásticos u otra materia prima al reactor mediante la entrada 3, por acción de la barrena 15. Ventajosamente, al final de un lote, la dirección se invierte, haciendo que el residuo de carbón sea sacado mediante la entrada 3. Dado que el reactor 1 está montado con su eje vertical, se tiene la ventaja de que el residuo de carbón cae de forma continua a la parte

inferior cuando se forma y es raspado por las paletas 10. La disposición de los soportes radiales inferiores 11 y las ménsulas 26 permite un raspado y agitación especialmente efectivos de residuo de carbón en la parte inferior del reactor.

5 Las paletas de agitación 10 se fabrican a una tolerancia que mantiene sus bordes exteriores en o cerca de un intervalo de 5 mm a 8 mm de la superficie interna de la envuelta 2. Consiguientemente, logran una agitación y limpieza muy efectivas de la superficie de la envuelta interior. Esto contribuye a la acción de dirigir residuo de carbón al extremo central inferior del reactor, de donde puede ser sacado eficientemente por la barrena 15 al final de un lote. Tal extracción efectiva de residuo de carbón evita la pérdida de calor que surgiría de los efectos aislantes del residuo de carbón en la superficie de la envuelta interior.

15 La disposición del reactor permite cambios de lote muy rápidos. Esto es debido a que la dirección de la barrena 15 se invierte simplemente para sacar el residuo de carbón. El residuo de carbón puede ser distribuido a un recipiente de enfriamiento, tal como una barrena con una camisa de refrigeración. Esto puede bajar la temperatura desde más de 400°C a menos de 50°C, por ejemplo. La disposición de las paletas rotativas y la entrada/salida inferior con la barrena logra una extracción casi completa de residuo de carbón, sin un retardo para enfriamiento del residuo de carbón.

20 Además, al tener una sola entrada/salida, hay menos riesgo de entrada de aire, y por lo tanto de O₂, a la cámara.

25 Con referencia a las figuras 3 a 5, el contactor 100 se usa preferiblemente con el reactor 1 para permitir que componentes gaseosos de cadena corta pasen a través y hagan que componentes de cadena larga se condensen y caigan de nuevo al reactor 1. El contactor 100 podría utilizarse alternativamente con un reactor de pirólisis diferente. Una camisa 105 está formada entre un revestimiento de cuba 68 y un revestimiento exterior 69 de la camisa. Aire de intercambio térmico es bombeado por un ventilador a la camisa 105 mediante una entrada inferior 106 de modo que circule alrededor de la camisa 105 y salga por una salida superior 107 de la camisa cuando se caliente. Esto proporciona control de la temperatura del espacio dentro del contactor 100, y, lo que también es importante, control directo de la temperatura de la pared 68 del contactor.

30 Los gases de pirólisis que suben del reactor 1 entran en el contactor 100 mediante una entrada 110 en una cúpula 111 y suben a través de cuatro elementos contactores 60 en el cuerpo principal.

35 Cada elemento contactor 60 incluye una chapa frustocónica 61 soportada en brazos verticales de soporte 62, y que está conectada a un disco 63 por patas 64. La chapa 61 es de metal perforado con agujeros 65 de 40 mm de diámetro dispuestos en aros concéntricos alrededor del eje longitudinal. Los aros tienen 12, 16, 20 y 24 agujeros en sucesión de abajo arriba.

40 El elemento contactor inferior 60 puede ser preferiblemente de un metal que tenga una conductividad térmica más baja que el elemento superior. Esto ayuda a reducir la diferencia de temperatura entre ellos en el uso, estando el elemento más próximo a la entrada de gas de pirólisis 110 más caliente cuando los gases entran en el contactor 100 que a un nivel más alto dentro del mismo. Por ejemplo, el inferior puede ser de acero inoxidable mientras que el superior puede ser de Cu.

45 Con referencia a la figura 6, el contactor puede tener, en algunas realizaciones, una sección superior 200 con tubos transversales de intercambio térmico 201 entre los colectores 202. Como se representa, puede haber dos filas desviadas una encima de otra, o cualquier número deseado de conjuntos.

50 En el uso, los gases de pirólisis suben a través de las placas deflectoras proporcionadas por los elementos contactores 60, contactando los discos 63 y las chapas frustocónicas 61. Los componentes de cadena corta pasan satisfactoriamente a través de los agujeros 65 o los agujeros centrales 66 en los vértices. Sin embargo, las cadenas largas se condensarán en una de estas superficies, o serán empujadas alternativamente a los lados para condensarse en la superficie interna de la pared 68 en virtud de la orientación de las chapas de elemento 61. Como se ha descrito anteriormente, la pared es enfriada activamente por la camisa 105 y así condensarán en esta superficie si no en los elementos contactores 60. Éste es un control activo de la temperatura para optimizar la operación del contactor para sintonizar el sistema general según el producto final deseado.

60 Si también se dispone un intercambiador de calor superior, tal como el intercambiador de calor 200, puede haber condensación de los componentes de cadena larga en los tubos de intercambio térmico. Por lo tanto, este intercambiador de calor tiene la doble funcionalidad de proporcionar condensación final de componentes gaseosos residuales de pirólisis de cadena larga, y también la de proporcionar una temperatura uniforme para los gases de salida. Esto último es muy ventajoso para la efectividad de los procesos de destilación situados hacia abajo. También la salida (a la columna de destilación) puede ser más larga de lo ilustrado, proporcionando otra superficie para la condensación de los componentes de cadena larga.

Se apreciará que el contactor 1 proporciona un retorno muy efectivo de los componentes de cadena larga, y el punto de corte puede ser elegido mediante la opción de la temperatura del aire refrigerante u otro fluido bombeado a la camisa 105.

5 Operación del contactor como filtro

El control de la temperatura y la disposición de los elementos contactores hacen que el contactor 100 opere como un filtro que controla las longitudes de cadena del gas que pasa a la parte del proceso situada hacia abajo. Esto logra la sintonización del sistema para producir un producto final deseado.

10

La filtración es controlada, dinámicamente o por lotes por:

(a) el control de la temperatura del espacio dentro de la cámara de contactor, y/o

15

(b) el control de la presión dentro de la cámara.

El control de la temperatura es por control del fluido en la camisa 105. El control de presión (b) se logra en una realización con un ventilador de gas situado hacia abajo del contactor.

20

El tamaño de las moléculas que llegan a la salida 120 es controlado en términos generales, según:

Mayor tamaño de molécula: temperatura más alta, presión más baja.

Menor tamaño de molécula: temperatura más baja, presión más alta.

25

La tabla siguiente presenta datos representativos:

Temperatura en la parte superior del contactor (°C)	Rango de alcano carbono observado	Rango de carbono central
135 a 145	C4 a C16	C6
170 a 180	C4 a C17	C6
195 a 205	C4 a C18	C10
220 a 230	C4 a C21	C11
250 a 255	C4 a C22	C12
291 a 292	C4 a C22	C13
Objetivo (diesel)	C8 a C24	C16

30

En general, el rango preferido de temperatura es de 240°C a 320°C, y el rango preferido de presión es de -150 mbar a +350 mbar.

El control de presión y temperatura del espacio dentro del contactor permite la sintonización de una planta de conversión que incorpora el reactor y el contactor a través de un amplio rango de productos finales. Estos incluyen, por ejemplo, combustibles y materia prima para productos de plástico y lubricante. Tal materia prima puede incluir ceras.

35

Con referencia a las figuras 7 y 8, se ilustran algunos ejemplos representativos. Como se representa en la figura 7 para una temperatura de salida de 150°C, la distribución del número de carbono de los gases que pasan a través está centrada en C8, para 200°C es C11, y para 250°C es C14. La presión es constante, aproximadamente 350 mbar.

40

Con referencia a la figura 8, se muestra un conjunto de gráficos para una temperatura constante de 260°C y presiones de 200 mbar, 250 mbar y 300 mbar. Hay una mayor residencia con una presión mayor, y por lo tanto se logra el mismo efecto general que con temperatura variable. La presión de 200 mbar dio una distribución centrada en C14, de 250 mbar C11 y de 300 mbar C14.

45

Se contempla que estos gráficos de distribución puedan ser más estrechos con más experimentación con control de temperatura y presión con diferentes materiales de materia prima.

50

La variación de la temperatura solamente tiene la ventaja de que se puede hacer localmente en el contactor. Por otra parte, el control de presión también requiere un control de presión de componentes situados hacia abajo.

El control local de la temperatura es muy efectivo porque las cadenas más largas tienden a ser empujadas hacia arriba y radialmente hacia la superficie interior de la pared 68, produciendo condensación en esta superficie.

55

Con respecto a gran parte de la condensación, las chapas de forma cónica 61 actúan como guías para enfriar gradualmente los gases y dirigir las cadenas más largas hacia la pared 68. Las cadenas más cortas tienden a pasar a través de los elementos 60 a un nivel sintonizado según la temperatura y presión del contactor.

- 5 Además, se ha hallado que la configuración del elemento contactor logra el autolavado de las superficies de la chapa 61 debido al flujo de las cadenas condensadas.

Es preferible que haya al menos dos, y más preferiblemente al menos tres elementos contactores.

- 10 Se apreciará que la invención logra un control mucho mayor de la pirólisis. Amplía efectivamente un reactor de pirólisis para lograr la sintonización de una planta general con columnas de destilación situadas hacia abajo, produciendo un producto seleccionado. Esto es especialmente ventajoso donde la naturaleza de la materia prima varía en gran medida, por ejemplo, la materia prima de caucho de neumáticos usados.

15

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de reactor de pirólisis incluyendo un reactor (1) y un contactor (100) montado encima del reactor, donde el contactor incluye al menos un elemento contactor (60) montado dentro de una cuba (62) que tiene una pared (68) y está dispuesta para el retorno de componentes gaseosos de cadena larga al reactor,
- 5 donde los elementos contactores incluyen al menos un elemento que está inclinado hacia arriba y radialmente hacia la pared (68) de la cuba, y
- 10 donde la cuba tiene una camisa (105) rodeando el elemento o elementos contactores (60), y donde la camisa tiene una entrada inferior (106) y una salida superior (107) y una bomba para bombear un fluido de intercambio térmico a y alrededor de la camisa, **caracterizado porque** dicho al menos único elemento contactor (60) está perforado y tiene un componente de forma frustocónica (61), con su vértice (66) mirando hacia abajo hacia el reactor (1), con un agujero central (66) en su vértice, y hay una chapa deflectora (63) montada debajo del vértice, dicho al menos único elemento contactor (60) tiene un borde superior adyacente a la superficie interior (68) de la cuba, y
- 15 el sistema incluye además:
- un controlador de temperatura configurado para bombear refrigerante a la entrada de la camisa (106) a una temperatura elegida según la condensación de la longitud de cadena de carbono deseada dentro del contactor (100), y un controlador de presión configurado para controlar la presión en el contactor (100) según la condensación de la longitud de cadena de carbono deseada dentro del contactor.
- 20
2. Un sistema de reactor de pirólisis según la reivindicación 1, donde hay dos o más elementos contactores (60).
- 25
3. Un sistema de reactor de pirólisis según las reivindicaciones 1 o 2, donde el contactor incluye además una cámara superior (200) encima del elemento o elementos contactores, teniendo dicha cámara superior un intercambiador de calor para proporcionar una temperatura uniforme deseada de los gases que salen del contactor, y opcionalmente el intercambiador de calor incluye tubos (201) que se extienden a través de un recorrido de gas en la cámara superior, y medios para bombear un líquido refrigerante a través del intercambiador de calor.
- 30
4. Un sistema de reactor de pirólisis según cualquier reivindicación precedente, donde el reactor (1) está dispuesto con un eje longitudinal dirigido hacia arriba hacia el contactor (100), y una entrada de materia prima (3) está en su extremo inferior, y donde el reactor incluye una barrena (15) dispuesta para distribuir materia prima a la cuba de reactor al girar en una dirección, y para sacar residuo de carbón a través de la entrada de materia prima (3) al girar en la dirección opuesta.
- 35
5. Un sistema de reactor de pirólisis según cualquier reivindicación precedente, donde el reactor incluye paletas de agitación (10) para girar en un eje central (5) en estrecha proximidad a una superficie interior de la cuba de reactor (2) en un extremo inferior del reactor.
- 40
6. Un sistema de reactor de pirólisis según la reivindicación 5, donde hay paletas de agitación contrahelicoidales (10).
- 45
7. Un sistema de reactor de pirólisis según las reivindicaciones 5 o 6, donde las paletas de agitación (10) son soportadas en brazos radiales.
- 50
8. Un sistema de reactor de pirólisis según la reivindicación 7, donde las paletas de agitación (10) solamente se extienden hacia arriba por una parte limitada del eje longitudinal desde la entrada de materia prima (3).
9. Un sistema de reactor de pirólisis según alguna de las reivindicaciones 5 a 8, donde una paleta inferior (10) está dispuesta para raspar residuo de carbón de una pared abovedada inferior de la cuba.
- 55
10. Un sistema de reactor de pirólisis según la reivindicación 9, donde dicha paleta inferior es soportada por brazos radiales (11) que se extienden desde un eje central (5) y por ménsulas (26) que se extienden en la dirección longitudinal desde la paleta inferior a un brazo radial (11) en una posición en dicho brazo radial entre el eje (5) y la pared de la cuba (2).
- 60
11. Un sistema de reactor de pirólisis según alguna de las reivindicaciones 4 a 10, donde la salida de reactor (4) está desviada del eje longitudinal.
12. Un método de operación del sistema de reactor de pirólisis de cualquier reivindicación precedente, incluyendo el método:
- 65 sintonizar dinámicamente la composición de los gases de salida según el tamaño de cadena molecular controlando la temperatura del contactor (100),

ES 2 753 609 T3

donde dicho control de la temperatura se realiza seleccionando la temperatura y el caudal de refrigerante bombeado a dicha entrada inferior (106) de la camisa, y

- 5 donde el controlador también controla la presión del contactor (100) para dicha sintonización dinámica.
- 13. Un método según la reivindicación 12, donde el método incluye incrementar la temperatura y disminuir la presión para lograr cadenas de longitud más larga.
- 10 14. Un método según alguna de las reivindicaciones 12 o 13, donde el control de la temperatura se realiza dentro de un rango de temperatura de 240°C a 300°C, y donde el control de presión se realiza dentro de un rango de presión de -150 mbar a +350 mbar.
- 15 15. Un método según alguna de las reivindicaciones 12 a 14, donde el control de presión se logra mediante la gestión de la contrapresión hacia abajo del contactor.

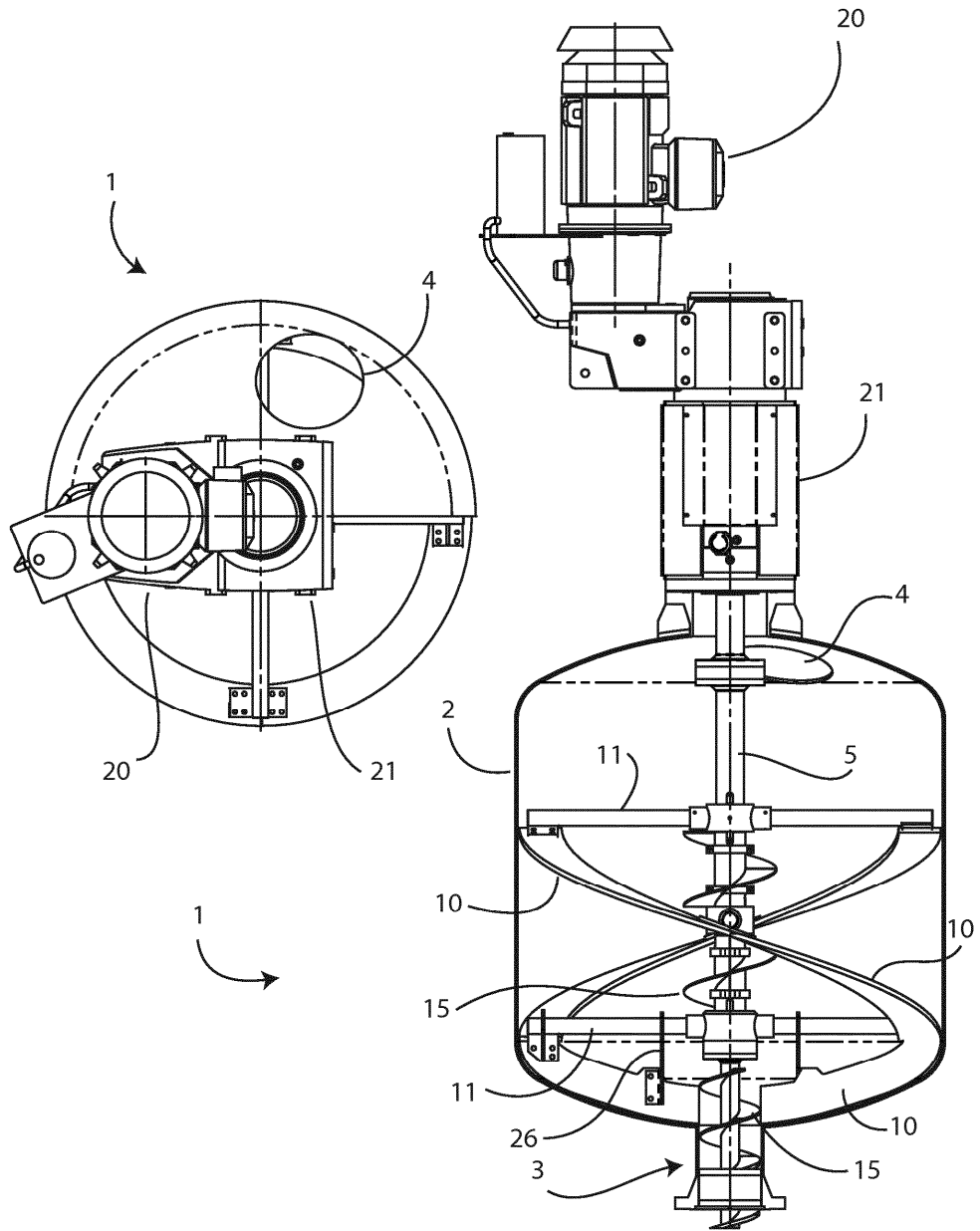


Fig.1

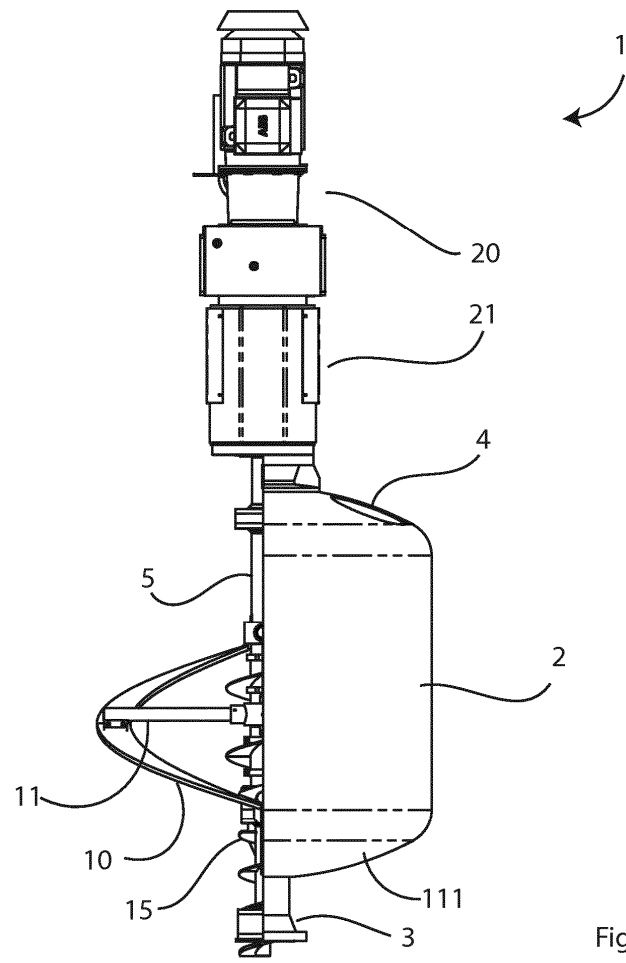
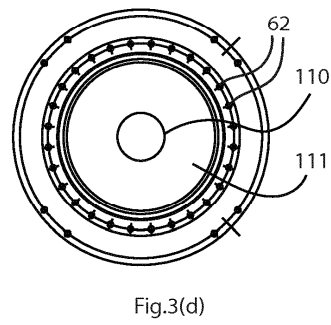
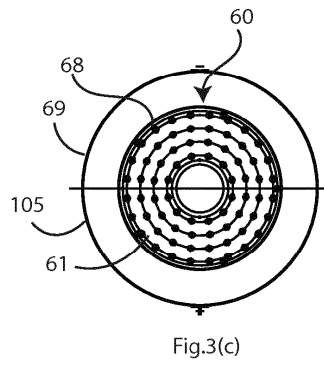
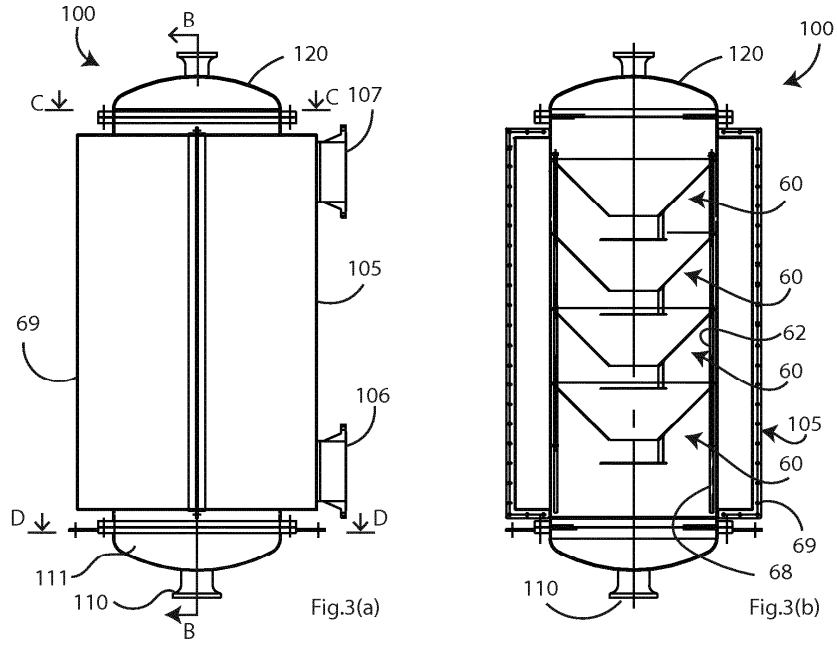


Fig.2



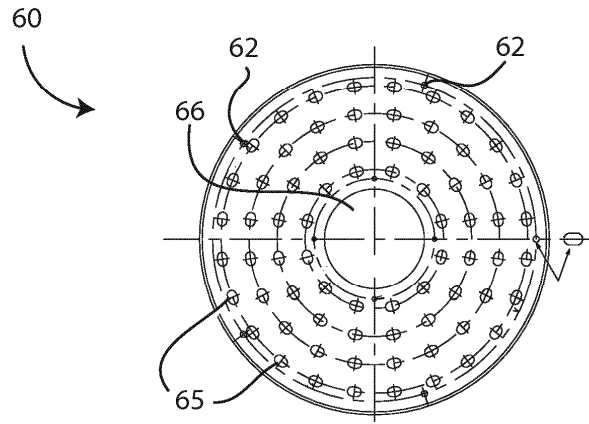


Fig 4(a)

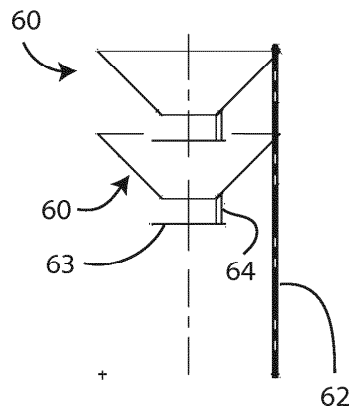


Fig 4(b)

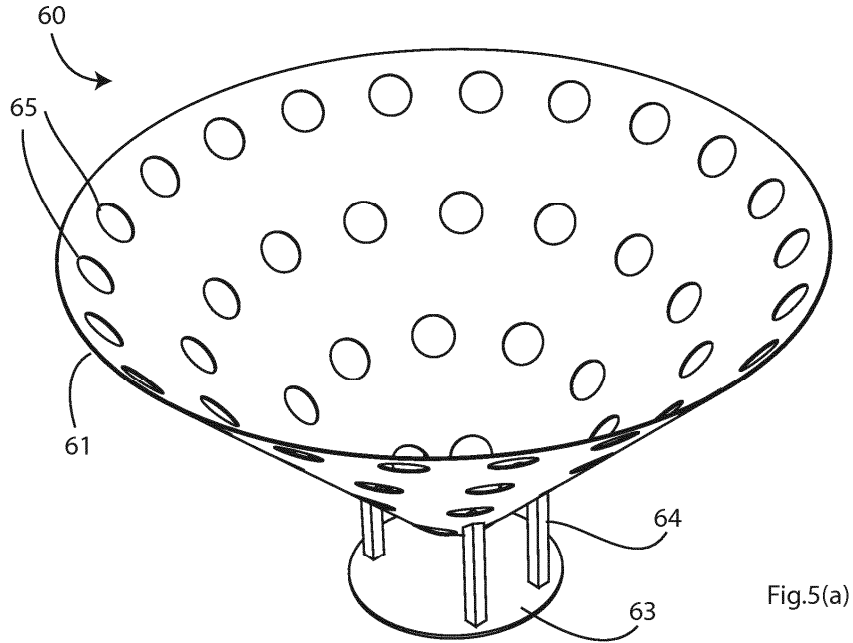


Fig.5(a)

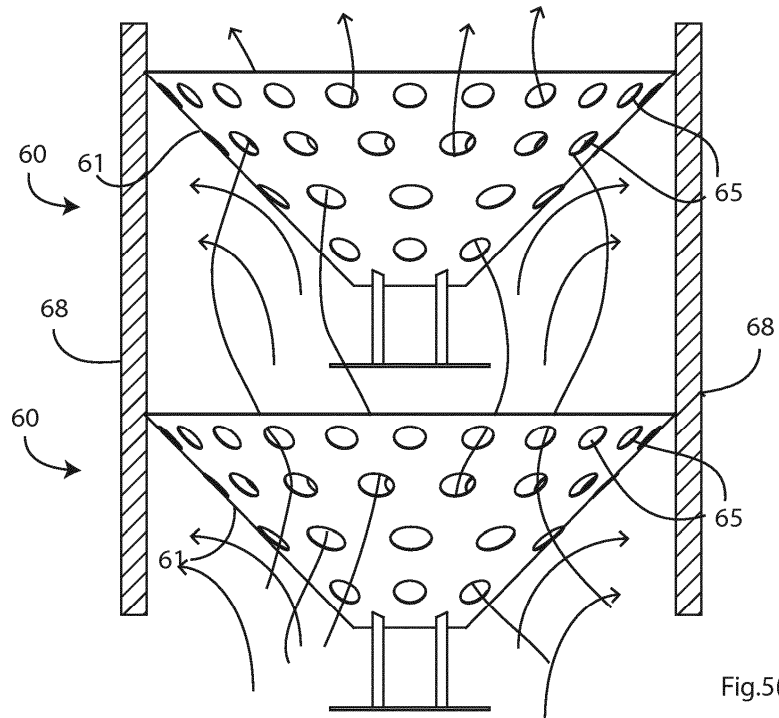
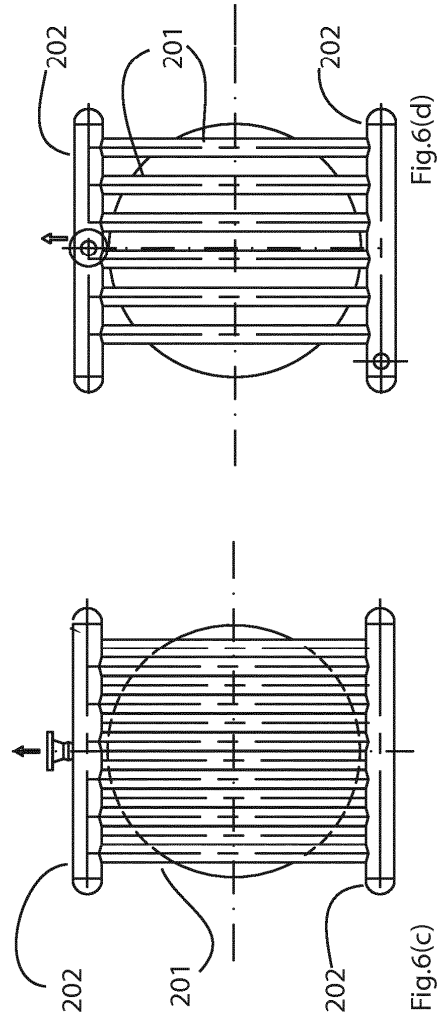
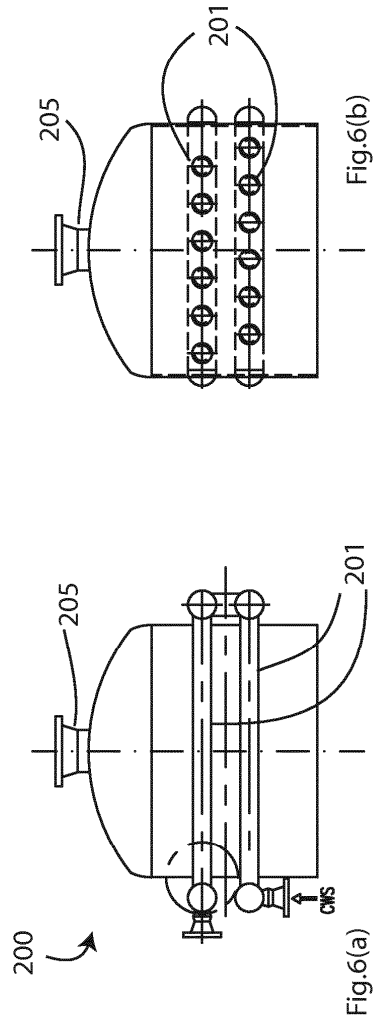


Fig.5(b)



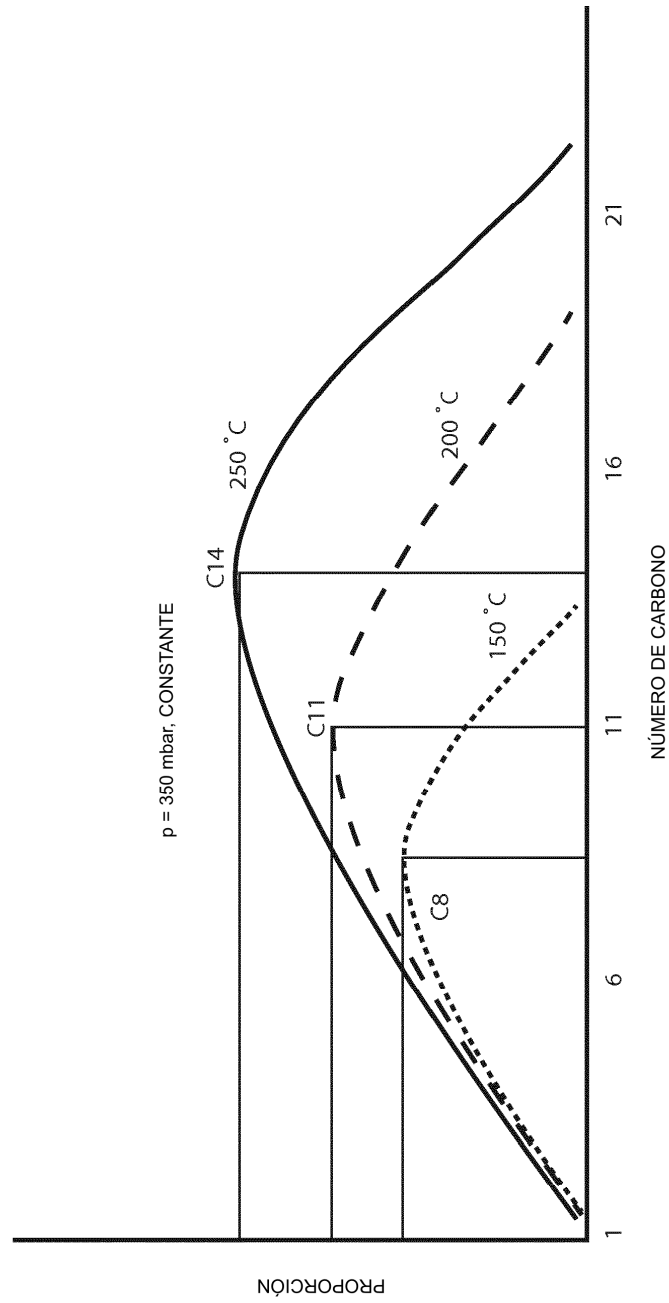


Fig.7

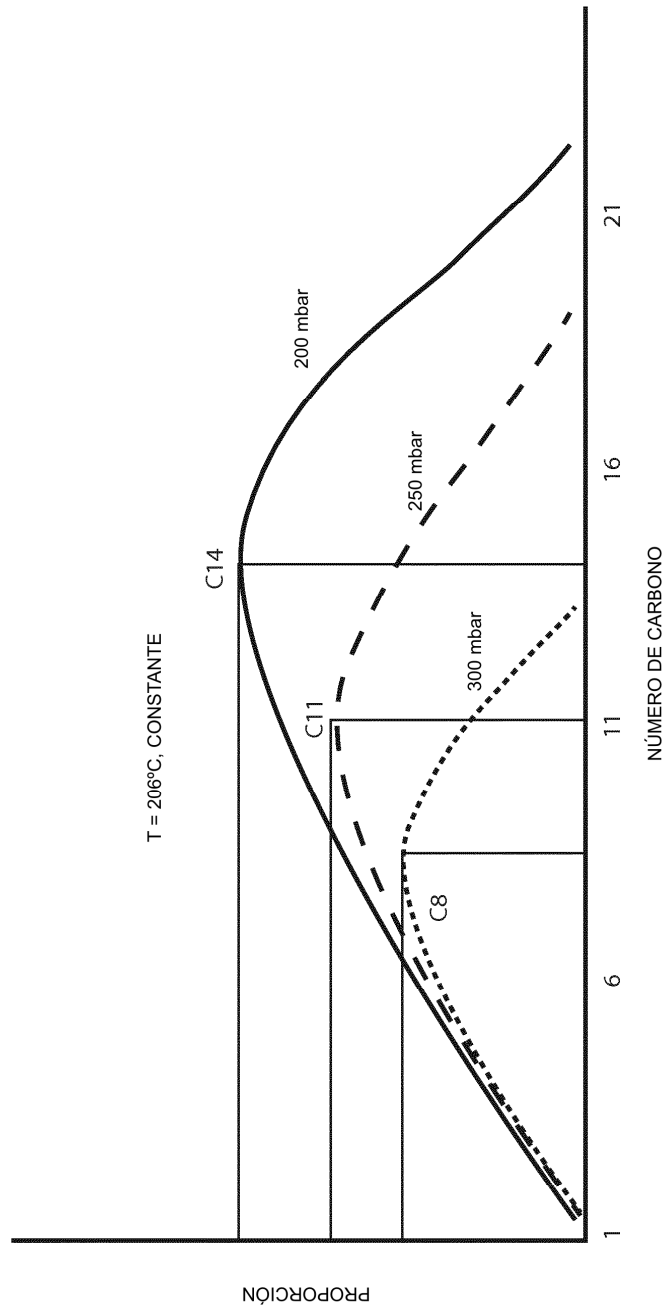


Fig.8