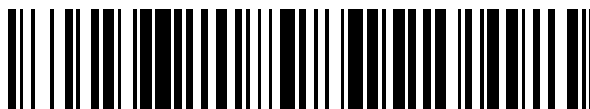


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 882 090**

51 Int. Cl.:

F23G 7/12	(2006.01)	C10B 53/07	(2006.01)
F23G 5/027	(2006.01)		
C10L 1/00	(2006.01)		
F23G 5/08	(2006.01)		
F23G 7/06	(2006.01)		
F23K 1/04	(2006.01)		
C10G 1/10	(2006.01)		
C01B 3/02	(2006.01)		
C09C 1/48	(2006.01)		
C10B 47/44	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.09.2018** **E 18398009 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.04.2021** **EP 3627050**

54 Título: **Instalación de pirólisis**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.12.2021

73 Titular/es:

CARREIRA, GERMANO ARAÚJO (100.0%)
Rua do SEF n.º 23
2945-651 Fátima, PT

72 Inventor/es:

CARREIRA, GERMANO ARAÚJO

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 882 090 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

Instalación de pirólisis

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una instalación de pirólisis para el procesamiento de material de granulado para la recuperación de, por ejemplo, combustibles y carbones/cenizas/carbono.

10 **Antecedentes de la técnica**

Las instalaciones de pirólisis de neumático a combustible actualmente utilizadas adolecen de muchos problemas principalmente referidos a los dispositivos siguientes. Las instalaciones de pirólisis se conocen a partir de los documentos US 2018/010048 A1, US 2018/010049 A1, US 9 663 662 B1, US 2017/361558 A1 y US 2017/362511 A1.

Alimentadores

Son múltiples los problemas inherentes a los sistemas alimentadores de biomasa. La capacidad de mantener una presión constante en el alimentador a hélice sin sobrecargar el motor es un problema típico. En algunos casos se utiliza un transductor de corriente para leer el amperaje del motor, detenerlo durante unos cuantos segundos y después arrancarlo nuevamente. Otro modo es un temporizador en el motor para encenderlo y apagarlo a fin de evitar sobrecargarlo, aunque ello implica un gran desgaste del mismo. A fin de compensar algunos de dichos problemas, se sobredimensionan los motores y cajas de cambios para que resistan la presión de retorno y el desgaste.

El proceso interno de un reactor de pirólisis puede ser para presión negativa o en la invención para medios con presión positiva, aunque la presente invención está destinada a medios positivos. En cualquier caso, debe mantenerse un sellado para evitar que entre oxígeno en el sistema. Algunos sistemas utilizan compuertas y válvulas para sellar el alimentador. Se utiliza comúnmente la alimentación por lotes de la tolva de entrada y el ciclado entre alimentación y no alimentación para permitir que las compuertas se abran y cierren para mantener el sellado. Este tipo de sistema permite que oxígeno en la tolva entre en el reactor de pirólisis.

Otro problema con una invención con compuertas o válvulas es el problema de la seguridad intrínseca. En un fallo a potencia máxima, las compuertas o válvulas deben cerrarse por completo para bloquear las fugas de oxígeno hacia el interior del sistema.

Reactor de pirólisis

Los reactores de pirólisis utilizados en las instalaciones de pirólisis son tanques giratorios de gran tamaño o tuberías con tornillos sin fin. El primer problema de los tanques giratorios es la falta de capacidad para llenarlos y descargarlos continuamente. Dichos reactores aplican un concepto de llenado por lotes para introducir el material de granulado de neumáticos y después calentar el material una vez el tanque ha sido sellado por completo. Reivindican que es continuo debido a que dispone de múltiples unidades. Mientras una unidad se está llenando, otra se está vaciando, de manera que el procedimiento es un movimiento continuo de material, aunque el reactor funcione en un procedimiento discontinuo.

Un problema de los tanques giratorios es el mecanismo de sellado. Se expanden debido al calor y se fuga oxígeno al interior de los tanques, generando un riesgo de incendio. Por lo tanto, el tiempo de arranque, es significativamente largo, ya que se requiere que el reactor se enfríe antes de arrancar nuevamente el tanque y posteriormente evacuar la totalidad del oxígeno restante antes de calentar nuevamente el sistema. A continuación, nuevamente el tanque debe enfriarse antes de la limpieza o apertura de cualquier puerta de acceso.

Otro problema con los reactores de pirólisis de la técnica anterior es la eliminación de carbones, cenizas y carbono, que resulta trabajosa y muy sucia debido a la naturaleza de la limpieza en abierto. El tanque giratorio recoge los carbones/cenizas/carbón sobre las paredes, que debe eliminarse antes de la operación siguiente. Lo anterior resulta muy laborioso y muy caro debido a la baja eficiencia del calentamiento, enfriamiento y limpieza. Otros reactores utilizan tanques y tolvas que son de naturaleza muy similar. Deben abrirse y llenarse con material granulado de neumático y después sellarse, calentarse, enfriarse y a continuación repetir el procedimiento de limpieza. Dichos tanques requieren un acceso elevado de la maquinaria a las superficies para un buen sellado.

Otro problema con los reactores de la técnica anterior es el calentamiento y enfriamiento por lotes, debido a que requiere grandes cantidades de energía para conseguir el procedimiento de pirólisis a su debido tiempo. Se utiliza trabajo manual en la mayor parte del procedimiento de limpieza. Lo anterior resulta caro y puede resultar en riesgos para los empleados expuestos a los polvos en suspensión.

Otro problema con los reactores de pirólisis de la técnica anterior es la tubería estándar, que utiliza cajas de quemadores a lo largo de la longitud de la tubería para producir calor para la reacción. Un reactor típico utiliza una caja de quemador en torno a una sección de tubería y deja un pequeño espacio entre las cajas de quemadores para soportes externos.

Otro problema con los reactores de pirólisis de la técnica anterior es la expansión asociada a los mismos. En el caso de que la salida de vapor o el sistema de alimentación no se encuentren situados en el mismo extremo, la expansión exigirá accesorios especiales que permitan el movimiento del alimentador de entrada o tengan en cuenta la localización de la salida.

Otro problema de los reactores de pirólisis de la técnica anterior es la necesidad de detener la acumulación de gas (syngas) por exceso de reacción o una parada estándar. Dicho gas típicamente combustiona por completo simplemente, en el que el gas se conduce a una antorcha y combustiona en el exterior. La antorcha de combustible típica utiliza una mezcla rica de combustibles, en la que el gas combustible se expone solo al aire atmosférico para la combustión.

En el caso de un reactor apilado, en el que una tubería conduce hacia el interior de otra tubería inferior, se utilizan cajas de quemadores separadas para calentar únicamente la parte superior y para calentar la sección inferior en la misma zona o localización en el apilado. Dos cajas separadas utilizan el doble de energía que una caja que cubra ambas. La sección superior realizará aproximadamente 90% del trabajo necesario, mientras que la inferior sólo realiza el 10% del trabajo restante, y esa cantidad se reduce a medida que viaja corriente abajo desde el punto de alimentación. Por lo tanto, la sección de entrada se encuentra situada superiormente a la sección de salida inferior. La sección de entrada utiliza la mayor parte del calor necesario debido a que la materia prima absorbe el calor, mientras que el material (carbón/carbono) se encuentra en la sección de caja de quemador inferior y sólo requiere calor para detener la condensación del combustible en esa zona.

La ceniza y carbón que ya alcanza temperaturas elevadas no absorberá ese calor. Por lo tanto, la relación de absorción de calor de cada sección (superior e inferior) cambia de 90% en la parte superior a 10% en la parte inferior, en la sección de adición de paso (extremo contrario) Sin embargo, la masa absorbente de material se reduce a medida que es transportada hacia abajo por las tuberías del reactor debido a la eliminación de cualesquiera líquidos absorbidos.

En los reactores de pirólisis de la técnica anterior, la extracción del combustible es muy similar a la presente invención, ya que vaporiza y se extrae del reactor; después se condensa en una forma líquida.

Torre de limpieza

La técnica anterior conocida utiliza una torre de desvaporización para descargar el combustible de biomasa a partir del reactor de pirólisis. Algunos problemas conocidos de este diseño son que permite el arrastre de partículas de carbono hasta los tanques de recolección de combustible. Las partículas de carbono no recogerán combustible vaporizado en el caso de que el combustible se encuentre en estado gaseoso. Las chimeneas de descarga de la torre de limpieza estándar no impiden que el carbono en suspensión salga del reactor de pirólisis. Otros problemas de la torre de descarga de vapor es su altura fija. La temperatura de los vapores de combustible de biomasa caerá al salir del reactor y se condensarán una vez su temperatura sea inferior a su punto de ebullición. Por lo tanto, una altura fija de la torre de descarga estándar solo permite una sola caída de temperatura debida a su longitud. Otros problemas implican la acumulación dentro de la torre en el caso de que cualesquiera combustibles pesados se condensen en el interior. El líquido captura cualquier carbono y crea una acumulación, reduciendo la superficie transversal de la torre e incrementando la velocidad del gas vaporizado. Esta reducción del volumen e incremento de la velocidad cambiarán la dinámica del tipo de combustible que sale de la torre.

Los reactores conocidos de la técnica anterior utilizan una torre de desvaporización para descargar el combustible de material de granulado de neumático a partir del reactor de pirólisis, que adolece de algunos problemas debidos a la invención utilizada. Dicha torre de desvaporización permite que las partículas de carbono sean arrastradas hasta los tanques de recolección de combustible. Las partículas de carbono no recogerán combustible vaporizado en el caso de que el combustible se encuentre en estado gaseoso.

Las chimeneas de descarga de la torre de limpieza estándar no impiden que el carbono en suspensión salga del reactor de pirólisis.

Los reactores conocidos de la técnica anterior utilizan filtros estándares para bloquear materiales, obstruyéndose normalmente debido al tamaño de abertura consistente de los filtros. Los filtros estáticos en la presente invención presentan aberturas ahusadas en dos direcciones. Horizontalmente desde una abertura más pequeña, la abertura más grande ayuda a desprender los materiales acumulados. Las placas de filtro presentan aberturas ranuradas ahusadas que son más grandes en la parte inferior que en la parte superior, ayudando asimismo a desprender cualquier material acumulado. Las cribas típicas asimismo crean una presión de retorno debido a que las aberturas son pequeñas y la presión se incrementará en el caso de que las aberturas resulten taponadas.

Depurador de combustible

Un reactor de pirólisis de biomasa estándar utiliza calor para convertir la biomasa de entrada en combustible. La biomasa se calienta en la cámara sin oxígeno y se vaporiza. A continuación, el vapor es transportado a los condensadores y tanques, en los que se condensa en un líquido. El mayor problema de los sistemas de biocombustible son los contaminantes de carbono que genera al producir el combustible. Por lo tanto, resulta en un combustible de color negro oscuro debido a las partículas de carbono mezcladas con el combustible. Dicho carbono mezclado con el combustible asimismo incrementará la viscosidad. Dicho combustible contaminado puede utilizarse en algún procedimiento, aunque creará un humo negro debido a que las partículas de carbono se queman junto con el combustible. Adicionalmente, asimismo se acumula ceniza de humo y carbones en los sistemas de escape a partir de dichos quemadores. Un procedimiento separado típicamente elimina dicho carbono del combustible.

Puede filtrarse, centrifugarse o destilarse. Un filtro puede capturar una gran cantidad de partículas de carbono, aunque depende de la calidad de los medios de filtración. Una centrifuga asimismo puede eliminar partículas de carbono del combustible, aunque tanto el filtro como la centrifuga dejan moléculas de carbono en el combustible, creando un combustible de color oscuro y causando un humo más oscuro al quemarlo. Tanto el filtro como el sistema de centrifuga requieren otra bomba y tuberías de transporte y tanques para conseguir la eliminación del carbono. Un sistema de destilación en efecto eliminará el carbono del combustible junto con los tipos diferentes fraccionados de combustible derivados del procedimiento de pirólisis. Sin embargo, un sistema de destilación es un procedimiento totalmente diferente del procedimiento de pirólisis. En la mayoría de casos, necesitaría transportarse el combustible a otro sitio para la destilación, incrementando los costes totales del combustible. Los sistemas de pirólisis típicos, que utilizan quemadores como la fuente de calor, descargan el escape del quemador.

Quemador de seguridad

Un sistema de pirólisis estándar convertirá la biomasa en combustible; sin embargo, el gas sintético ("syngas") es un producto secundario. Este gas puede variar de C4 e inferior con una mezcla de otros gases. Al craquear térmicamente cualquier combustible, se rompen las cadenas de carbonos largas en cadenas de carbono más cortas, de manera que, en el caso de que se produzca cierta rotura de cadenas de menos de 4 carbonos, este gas no se condensará bajo temperaturas atmosféricas. Muchas instalaciones de procesamiento de biocombustible utilizarán dicho gas para calentar o incluso utilizarán un catalizador para reformar las cadenas para producir un combustible líquido. Sin embargo, aunque se utilice para proporcionar calor para el procedimiento de pirólisis, debe ser controlado.

Un reactor de pirólisis requiere calor para arrancar el proceso y posteriormente mantener ese calor durante un periodo de tiempo prolongado para un sistema de lotes y continuamente para un sistema de reactores continuo. En ambos casos, en el caso de que el proceso vaya a pararse, el reactor continuará generando syngas hasta que se enfríe a una temperatura que no craquee el combustible de biomasa que se está utilizando.

Por lo que dicho gas debe ventearse de los reactores. Puede utilizarse un tanque de retención, aunque con presión limitada. La presencia de hidrógeno libre creará un problema en el caso de que el tanque presente tanto oxígeno como hidrógeno mezclados bajo presión. Por la misma naturaleza de la mayoría de materiales de biomasa, pueden encontrarse presentes moléculas de oxígeno y de hidrógeno. En la mayoría de aplicaciones, se utiliza una antorcha de ventilación abierta. Una antorcha estándar se activa con el aire atmosférico y combustiona, generando humo negro muy denso de calentamiento.

Divulgación de la invención

El objetivo de la presente invención es superar o, como mínimo, reducir eficientemente los problemas de la técnica anterior mediante una solución simple y racional. Según la presente invención se proporciona una nueva instalación de pirólisis que resuelve o minimiza los problemas de la técnica anterior.

La instalación de pirólisis según la invención comprende un alimentador calentado con gases de escape, un reactor de pirólisis, una torre de limpieza de filtro giratoria, un depurador de combustible calentado con gases de escape, un quemador de seguridad, un refinador de carbono y los dispositivos de soporte y todos los accesorios, tales como tuberías y válvulas, necesarios para hacer funcionar la instalación.

Alimentador calentado con gases de escape

El material de granulado de neumático puede transportarse neumática o mecánicamente al interior de un alimentador de tolva. El transporte neumático puede aprovecharse de una separación de aire del material entrante. La separación de aire elevará el material granulado de neumático, aunque permitirá que objetos más pesados, como rocas o metal, caigan fuera de la abertura de recolección.

- Una vez se ha desplazado el material granulado de neumático al interior de la tolva receptora y ha caído al interior de la sección de entrada de un tornillo pesado, el material granulado es empujado hacia abajo, comprimiendo el granulado y generando un sellado. Lo anterior se lleva a cabo mediante la utilización de accionamiento neumático o hidráulico a fin de evitar la sobrecarga en caso de utilizar un motor eléctrico. Un sensor de célula fotoeléctrica o interruptor de paleta indica la altura del material granulado de neumático, ya que es conocido que el cegado de la abertura o el accionamiento del interruptor de nivel impedirá que el aire transporte el material a la tolva o que el alimentador de doble tornillo llene en exceso la misma. El tornillo de empuje ("ram") empujará el material hacia el interior del alimentador de doble tornillo y ayudará a generar un sellado a fin de impedir que se escape el gas del reactor. Sea cual sea el motivo, en el caso de que el material no se cargue en la tolva de alimentación, una compuerta deslizante bajo la tolva de alimentación puede cerrarse a fin de mantener sellado el reactor. Dicha compuerta asimismo se utiliza para detener la entrada de material en el alimentador de doble tornillo y permitir que éste se autolimpie de todo el material, si se desea. El accionamiento de la tolva asimismo puede revertirse para expulsar material apartándolo de la compuerta deslizante, en caso necesario.
- A continuación, dicho material es empujado por el alimentador de doble tornillo hacia el tornillo del reactor superior. Dicho alimentador de doble tornillo se calienta contiguamente a la zona de caída por el mismo quemador, que proporciona calor a la entrada del reactor.
- La presión del tapón de la tolva de alimentación según la presente invención eliminará los problemas anteriormente indicados. Se introduce un tornillo vertical dentro del centro de la tolva de alimentación y gira empujando el material granulado de neumático hacia abajo para generar un sellado comprimido. Debe mantenerse la presión en todo momento para crear el sellado. El transportador de tornillo saca material bajo el sellado de la tolva continuamente de manera que se mantiene una presión equilibrada.
- La utilización de un motor neumático o motores accionados hidráulicamente elimina los problemas anteriormente indicados. La utilización de un motor neumático o hidráulico en el tornillo vertical de la tolva de alimentación puede proporcionar momento de torsión continuo cuando el material granulado de neumático es extraído por el tornillo de alimentación inferior. Dicho tornillo vertical funciona a RPM más altas que el tornillo de alimentación inferior y es capaz de mantener la presión para crear el sellado.
- Los motores de alimentación neumática o hidráulica asimismo proporcionan lecturas directas de presión de retorno y pueden ajustarse. El momento de torsión puede mantenerse mediante reducción de las RPM, en donde cae algo el momento de torsión en los motores eléctricos con las menores RPM.
- En caso de fallo de energía, el tornillo vertical de tolva en el tornillo de alimentación inferior del reactor se detendrá. Para evitar que la presión haga girar las transmisiones de tornillo hacia atrás debilitando el sellado, se utiliza una caja de engranajes de tipo tornillo sin fin. Un reductor de tornillo sin fin no permitirá que los engranajes sean empujados hacia atrás a menos que se aplique energía desde el motor en dirección directa o inversa. Por lo tanto, el material (al ser elástico) no empujará la caja de engranajes, permitiendo que la presión de sellado alivie el sellado, por ejemplo en el caso de un corte de energía. La compuerta deslizante se acciona mediante un muelle, cerrándola, y se mantiene abierta al aplica energía. En el caso de un corte de energía, la compuerta intentará cerrarse. En el caso de que el material esté caliente, se ablandará y permitirá que la compuerta lo empuje hasta cerrarse. Un tornillo sin fin evita lo anterior al invertir el momento de torsión. Además, la compuerta deslizante bajo la tolva se cerrará por defecto.
- El calentamiento del tornillo alimentador del reactor normalmente se realiza de tres maneras: calor eléctrico, quemadores de gas o aceite o mediante compresión del material dentro del tornillo. El calor eléctrico y la utilización de un quemador autónomo requieren recursos adicionales, mientras que el calor de compresión requiere un sobredimensionado del accionamiento y motor de alimentación para soportar la presión necesaria para crear el calor. La presente invención elimina dichos problemas. Utiliza el mismo aire caliente que produce la caja del quemador, eliminando la necesidad de una fuente externa adicional de calor. La tubería se dispone delante del quemador y se conduce a un collar caliente que circunda el tornillo alimentador del reactor.
- Una válvula instalada en el conducto que lleva al collar caliente controla la temperatura hasta el alimentador del reactor. La presión de retorno al quemador de escape se elimina mediante ventilación del collar caliente que circunda el alimentador del reactor hasta el exterior de la caja del quemador, permitiendo que el aire caliente siga un camino de salida hasta la caja del quemador.
- Los materiales de biomasa, madre, plástico y materiales de desecho mixtos comprimirán y mantendrán un gran porcentaje de la forma comprimida. El caucho granulado de neumático no lo harán. El caucho granulado presenta un coeficiente de resistencia C muy elevado y un valor de elasticidad por el que tiende a recuperar su forma original y a resistirse a cualquier presión compresiva incidente. Lo anterior crea problemas en el sistema de alimentación en el aspecto de que el paso del alimentador de doble tornillo debe mantener el mismo volumen o un volumen mayor a medida que desciende por el alimentador de doble tornillo para eliminar cualquier acumulación de presión del material. El caucho se calienta a más de 176,5°C (350°F) y pierde su elasticidad y empieza a cohesionarse. Se vuelve muy pegajoso y empezará a adherirse a los tramos de banda transportadora de tornillo. La utilización de un

doble tornillo elimina dicho problema.

El volumen se ajusta según los tramos antes de que el material sea forzado a entrar en contacto con la pared calentadora del alimentador, donde se expande mediante el incremento de la longitud de paso para que corresponda con el volumen de la longitud de paso entrante. Se utiliza un doble tornillo para proporcionar autolimpieza. Un tornillo es de tramo izquierdo mientras que el otro es de tramo derecho que se entrelazan entre sí de manera que un paso limpia el interior de los tramos de sentido contrario.

Otros alimentadores de doble tornillo de pirólisis localizan el alimentador de doble tornillo en la misma línea central, no permitiendo un cojinete trasero en los ejes de tornillo. En el caso de que dicho tipo de alimentadores intente incorporar un cojinete, debe ser de una aleación especial para resistir el medio interior del reactor de pirólisis.

Mediante la alimentación del reactor de pirólisis desde la parte superior del tubo reactor principal, se permite que el alimentador de doble tornillo pase por un tubo de entrada en la parte superior del reactor de pirólisis y sellos y cojinetes de casquillo instalados en el exterior, en donde el menor calor elimina la utilización de aleaciones especiales. Los ejes traseros requieren prensaestopas y cojinetes de casquillo. Esta disposición los combina entre sí. El prensaestopas es comprimido con el cojinete de casquillo y elimina la utilización de un soporte de cojinete externo y puede recibir mantenimiento desde el exterior en caso necesario.

En el caso de que la salida de vapor o el alimentador de entrada no se encuentren situados en el mismo extremo, la expansión del tubo reactor exigirá accesorios especiales que permitan el movimiento del alimentador de entrada o tengan en cuenta la localización de la salida. Este diseño combina ambos en una zona. Esta zona está fija a la estructura de acero y no se permite su movimiento al aplicar calor al tubo principal del reactor de pirólisis. Se expande apartándose de dicho punto fijo, permitiendo que el sistema de alimentación y el sistema de escape del reactor de pirólisis sean estacionarios. La ventaja de disponer el orificio de salida directamente en la parte superior de la entrada es la capacidad de capturar los combustibles más ligeros a medida que salen del tornillo de alimentación.

Cuanto más tiempo se mantenga el combustible dentro de la zona caliente de la pirólisis, podrá descomponerse más en un combustible más ligero o incluso gas. Por lo tanto, mediante la extracción del combustible que crea el alimentador de doble tornillo, se elimina que el combustible ligero sea devuelto al reactor de pirólisis y nuevamente craqueado en cadenas de carbonos más cortas.

Dicho alimentador presenta una sección de paso reversible, en el extremo, en la misma sección de tornillo sin fin sólido, permitiendo que el material se revierta al entrar en contacto con dichos tramos. En este punto, el material se compactará y no tendrá sitio donde ir salvo hacia abajo, hacia el interior del tubo reactor. Lo anterior mantiene dicho alimentador de doble tornillo limpio de extremo a extremo.

A medida que el escape calienta la zona, se calienta el alimentador de doble tornillo, el material granulado de neumático se licúa y llena el alojamiento del tornillo sin fin, creando una esclusa de aire mediante el llenado de cualquier espacio entre el material granulado de neumático. Un flujo continuo de material granulado de neumático de entrada mantiene el sellado de esclusa de aire. Debido a que el material granulado de neumático fundido y el material granulado de neumático sólido se encuentran bajo presión del momento de torsión, se causa un sellado en el alimentado y se detiene la introducción de aire en el reactor de pirólisis y no deja salir ningún gas. La zona caliente empieza a licuarse y vaporiza el material únicamente en la zona caliente dentro de la caja del quemador. Una sección de tramo inverso en el eje del doble tornillo desprende el material e impide la acumulación sobre el eje.

Reactor de pirólisis

El presente reactor de pirólisis supera algunos de los problemas de la técnica anterior debido a su utilización continua y mayor eficiencia del intercambio de calor. El flujo continuo de material granulado de neumático entrará en el reactor de pirólisis con un flujo continuo y se recogerá el combustible, descargando el carbón/cenizas/carbono. El calor se aplica desde los quemadores y se mantiene en el reactor de pirólisis durante toda la operación sin parar el rellenado o la descarga del carbón. La alimentación utiliza un sellado por compresión a base de material y la descarga utiliza una serie de compuertas para generar un sellado de esclusa de aire. La presente invención puede utilizar material granulado triturado, material granulado de neumático grande o material granulado de neumático pequeño.

El material granulado de neumático procedente del alimentador entra por la entrada del reactor y cae al interior del reactor de pirólisis. El material granulado de neumático y los vapores entran en el reactor de pirólisis y son arrastrados a lo largo de los reactores superior e inferior con tornillos de doble tramo que presentan ranuras recortadas y plegadas. Debido al rápido movimiento de material dentro del alimentador de doble tornillo, parte del material granulado de neumático no resulta vaporizado. El material granulado de neumático no vaporizado se hace caer al interior del tubo reactor a un tornillo hueco de reactor de corte y plegado de doble tramo, inferiormente. El reactor de pirólisis presenta cajas de quemadores que transfieren el calor a través de las paredes laterales del tubo

reactor, vaporizando el material dentro del mismo a medida que resulta transportado.

El material de carbón de neumático junto con cualesquiera vapores caerá desde el reactor superior al reactor inferior y continuarán siendo transportados hasta el final del reactor inferior. Aproximadamente 90% de todo el material granulado de neumático entrante resultará vaporizado en el tornillo del reactor superior, mientras que el 10% restante resultará vaporizado en el reactor inferior. Existe una abertura en el extremo opuesto en el reactor inferior en el que cualquier carbón/cenizas/carbono caerán en un transportador que los extraerá del reactor por un sistema de esclusa de aire de tolva con compuerta. En este punto, el carbón/cenizas/carbono serán procesados por el procesador de refinación de carbono.

Dicho diseño permite la combinación de encerrar los tubos de reactor apilados en una caja de quemador mediante la utilización de únicamente un quemador por caja. El tornillo del reactor superior se expandirá al calentarse y se desplazará alejándose del extremo de alimentación. Simultáneamente, el tubo del reactor inferior se expandirá en la dirección contraria, al estar fijado por la sección de tramo. La sección superior tira de la sección inferior debido a dicha conexión de tramo. Por lo tanto, en el caso de que los tubos de los reactores superior e inferior se calienten a la misma temperatura, se expandirán en la misma magnitud. Al encontrarse en una sola caja de calentador, esto sí ocurre.

La caja del quemador está aislada por dentro y reduce el calor que llegará a la capa externa. A su vez, la caja del quemador no se expande en correspondencia con los tubos de reactor, de manera que se utiliza un collar deslizante sellado para sujetar la caja del quemador a los tubos de reactor.

Existe un hueco entre cada caja de quemador en donde puede unirse un soporte de rodillos a los tubos de reactor. Estos carros de soporte de rodillos están atornillados a los tubos de reactor con un clip expandible. La base de los carros de soporte de rodillos utiliza un rodillo de leva situado en torno a un asiento de barra plano fijo para impedir el movimiento en los ejes X y Z, evitando simultáneamente la deformación del tubo de reactor.

Se utiliza un quemador con entradas dobles para calentar el reactor de pirólisis. Un gas es para el arranque y la otra entrada al quemador es para el syngas. Se utiliza una caja de control separada para cada quemador, aunque monitorizadas por el CLP principal. Se utilizan sondas de temperatura para controlar la temperatura del reactor a un punto de ajuste de PID en la caja de control.

El calor de las cajas que circundan el tubo de reactor crea una temperatura elevada que arranca la reacción. Los tubos del reactor de pirólisis se expandirán debido al calor y se desplazarán en una dirección debido a que se encuentran ancladas por el alimentador caliente. El movimiento del reactor de pirólisis es en dirección lateral. El armazón de acero del tubo presenta asientos de barra planos para que se deslicen los carros de soporte de rodillos. Los carros de soporte de rodillos presentan rodillos de leva para sujetar el reactor de pirólisis y evitar que se mueva hacia arriba o a los lados, permitiendo el movimiento únicamente en la dirección longitudinal de los tubos de reactor. El reactor superior está ligado al reactor inferior, estando conectado mediante el collar conector entre el reactor superior y el inferior y tira longitudinalmente del reactor inferior a medida que se expande. El reactor inferior se expande en la dirección contraria a medida que se calienta. Al encontrarse a la misma temperatura, los tubos de los reactores superior e inferior se expanden en la misma magnitud, manteniendo la caja de quemador de entrada fijo en su sitio. Los accionamientos situados en los extremos de los tubos de reactor asimismo se encuentran sobre carros de soporte de rodillos para permitir la expansión. El transportador de carbón/ceniza/carbono se encuentra sobre un soporte de rodillos para tirar de él con el reactor de pirólisis a medida que se expande en caso de accidente. La enorme ventaja del reactor de dos apilamientos es que la longitud combinada de expansión sería superior en caso de apilarlos extremo con extremo. Mediante el apilamiento de los tubos de reactor uno sobre el otro, se reduce la expansión a la mitad de longitud de recolección. Lo anterior reduce además la carga sobre los tramos de tornillo dentro del reactor de pirólisis mediante reducción de la longitud.

Los vapores se expulsan del reactor de pirólisis y hacia arriba por una torre de limpieza de filtro giratorio.

Torre de limpieza de filtro giratoria

Una criba rotatoria de velocidad variable puede incrementar la distancia recorrida por el gas vaporizado mediante el incremento de las RPM de las paletas giratorias. Las paletas giratorias crean un efecto de espiralización, incrementando la distancia de recorrido.

Un diseño de pared lateral negativa ayuda a la autolimpieza y ayuda a drenar los materiales que pueden acumularse sobre la pared. Una pared lateral negativa permite un diámetro mayor del material de la torre recorriendo el alojamiento lateral, incrementando simultáneamente la superficie y evitando la compresión del material que drena. Lo anterior, junto con el efecto de gravedad, ayuda a la autolimpieza del alojamiento de la torre. El incremento y decremento de las RPM de las paletas giratorias modificará el tiempo de abertura de la criba estática.

Según la invención, el filtro giratorio presenta una turbina montada fija en el eje rotatorio en el que están montadas

las paletas giratorias. A un giro más lento de la filtración giratoria, menor presión de retorno al sistema de reactor, inferiormente. A un giro más rápido, se reduce el tamaño de abertura de la criba, incrementando la presión de retorno, aunque la turbina montada en la parte superior del eje compensa esa presión de retorno al extraer hacia arriba vapores, expulsándolos de la torre. La longitud de la torre está fijada mecánicamente, aunque el camino del vapor a través de la criba puede variar al modificar las RPM y creando un camino espiral más cerrado de los vapores.

Depurador de combustible con el calor de gases de escape

El presente diseño utiliza el calor del escape para limpiar el biocombustible de manera continua, sin necesidad de ninguna etapa adicional de limpieza como en la técnica anterior.

Los vapores venteados del reactor de pirólisis viajan hasta el depurador de combustible calentado con gases de escape, en el que se eliminan cualesquiera partículas de carbono. Los vapores que se condensan a temperatura inferior a 260°C (500°F) se condensarán y después entrarán nuevamente en ebullición formando vapores, permaneciendo el combustible, que es más pesado. Dicho combustible pesado, junto con las partículas de carbono, se drenará de vuelta al reactor de pirólisis para el craqueo térmico y para depositar el carbono de vuelta en el reactor de pirólisis.

A continuación, el combustible nuevamente en ebullición y vaporizado viaje al interior de un condensador para el enfriamiento. El primer condensador se une en la parte superior de un tanque de retención, en el que se recogen las cadenas de carbonos que están en ebullición a más de 149°C (300°F). A continuación, los vapores restantes viajan hacia arriba y al exterior, bajando después por un condensador enfriado en la parte superior de un tanque de acabado. El tanque de acabado asimismo presenta una bobina de enfriamiento alimentada por un refrigerante de glicol que se condensará las cadenas de carbono restantes, C5 y mayores. Dicho tanque se fija a una temperatura de aproximadamente -6,7°C (20°F). Los vapores restantes sólo son entonces gas no condensable denominado gas de síntesis o syngas. A continuación, el syngas pasa por un grupo de burbujeadores para lavar el sulfuro y otros compuestos químicos absorbibles de la corriente de gas. El syngas lavado a continuación se utiliza para proporcionar energía a los quemadores, la refinación de carbono y asimismo puede utilizarse para proporcionar energía a un generador.

El material granulado de neumático vaporizado se condensa en un combustible líquido mediante la utilización de condensadores de alojamiento y tubo intercambiadores de calor estándares. Se requiere que el tanque de acabado enfríe los vapores a aproximadamente -6,7°C (20°F) para condensar todas las cadenas de carbono mayores de C-4 en un líquido. Para garantizar que se condensan todos los vapores, el tanque de acabado presenta un grupo de tubos enrollados dentro de un baño de glicol frío. El glicol no se congela y se utiliza en la industria para la refrigeración. Se utiliza un sistema enfriador de tipo compresor para toda la refrigeración de los condensadores.

Refinador de carbono

El carbón de carbono se descarga de la pirólisis mediante un transportador a tornillo y por un dispositivo de esclusa de aire con compuerta. La compuerta superior se mantiene abierta mientras el transportador de descarga de cenizas está funcionando. El carbón llena la primera tolva inferior y desconecta un transportador de descarga de ceniza.

Lo anterior detendrá el transportador de descarga de cenizas al desactivar el suministro de energía al accionamiento y cerrar la compuerta superior. La compuerta intermedia se abrirá y depositará el carbón en otra tolva inferior y cerrará nuevamente la compuerta intermedia. La compuerta superior se abrirá e iniciará nuevamente el procedimiento de tornillo sin fin del carbón. La compuerta inferior se abrirá entonces y alimentará el tornillo dosificador inferiormente que gira en un alojamiento y presenta aberturas de aire correspondientes. El tornillo dosificador presenta un eje de transmisión hueco para permitir que fluya el aire por él.

El tornillo dosificador gira y fuerza de carbón hacia la corriente de aire (mediante un conducto) creada por el soplador del quemador. Dicho soplador de quemador suministra aire para la combustión del gas suministrado (propano líquido o syngas producido por el procedimiento de pirólisis).

El carbón de carbono junto con el aire entra en la cámara de combustión, en la que prende por una bujía o llama piloto. La fuerza del soplador mezcla el carbón con el aire y al entrar en contacto con la llama y arrastra cualesquiera hidrocarburos, incinerándolos junto con cualquier material combustible en la corriente. Un tornillo dosificador dentro de la cámara arrastrará el carbono a una abertura de descarga en el otro extremo.

El lento giro del tornillo dosificador prolongará el tiempo de exposición del material de a la llama y puede ajustarse según se requiera mediante la utilización de un inversor de accionamiento del motor. Un inversor o VDF permite el cambio de velocidades, tanto manualmente como con el CLP. Todos los accionamientos están soportados y se sellan con un prensaestopas. El soplador del quemador requiere un camino para el alivio de la presión o la presión de retorno detendrá el flujo de aire y extinguirá la llama, de manera que se conecta una línea de ventilación en el

extremo opuesto de la cámara.

La línea de ventilación pasa por un burbujeador de agua y funciona con una fuente de vacío para equilibrar la presión de retorno del soplador del quemador. El agua en el burbujeador de ventilación asimismo elimina cualesquiera partículas en suspensión en el aire y absorberá compuestos químicos como el sulfuro. El carbón pesado es entonces carbono refinado y se envía a la abertura de descarga, en donde cae a un tanque separador.

Se controla el nivel de agua mediante un interruptor de nivel típico en el tanque separador que permite que el carbono sedimente y las cenizas o carbones remanentes floten. El carbono que sedimenta es recogido del fondo del tanque separador.

Un tornillo sin fin de elevación vertical se utiliza para extraer el carbono del tanque separador por una abertura en el fondo y drena el agua del carbono por aberturas en el tubo de elevación. A continuación, el carbono se deposita en un tornillo sin fin horizontal que pasa por la caja del quemador, en donde se aplica calor a las paredes del tornillo sin fin.

Dicho calor elimina el agua y la devuelve al tanque separador por un condensador en línea. El condensador enfría el vapor de agua de vuelta al estado líquido. El carbono seco en el tornillo sin fin a continuación pasa por una esclusa de aire y a recipientes.

Las cenizas y carbones que flotan dentro del tanque separador se eliminan al vacío de la parte superior y se arrastran al interior de un ciclón para la recolección. Asimismo se utiliza una esclusa de aire en la descarga del ciclón para la eliminación.

El vacío utilizado para extraer el carbón y cenizas procede de un soplador montado en la parte superior del ciclón. A continuación, el soplador empuja su escape al interior de un filtro de manga, en donde puede recogerse cualquier polvo recogido y descargarse mediante una esclusa de aire.

Quemador de seguridad

La parada del sistema requiere que los quemadores en los reactores de pirólisis se desactiven, mientras se deja que los ventiladores sigan funcionando. La entrada de aire sólo reduce mucho el tiempo de enfriamiento. Sin embargo, el procedimiento todavía produce syngas hasta que la temperatura del reactor sea inferior a 204°C (400°F). El syngas debe almacenarse o consumirse para permitir la ventilación de dicho gas respecto del reactor de pirólisis. Se requeriría un tanque de baja presión de volumen elevado o el gas podría eliminarse por combustión.

Un quemador de seguridad de parada combustionará todo el syngas venteado mediante la utilización de un quemador de modulación estándar con tubería hasta el interior de una cámara de combustión venteada. Se utiliza un quemador de aire forzado para mantener la proporción de combustible a aire, de manera que pueda conseguirse una combustión completa del syngas venteado; al caer el volumen de syngas debido al enfriamiento del reactor de pirólisis, el quemador ajusta el volumen de gas de manera que la proporción de aire a gas sea suficiente.

Equipos de soporte

El procedimiento total se monitoriza y controla mediante un programa de CLP en un panel de control principal. Lo anterior es un estándar en la industria. Los quemadores requieren controles independientes para cumplir los estándares requeridos.

La reacción de pirólisis requiere calor para producir el syngas que suministra a los quemadores, aunque, a menos que el syngas se almacene, se requiere un gas de arranque. El propano líquido presenta propiedades muy similares a las del syngas, por lo que es la primera elección utilizar gas LP en botella comercial para el arranque. Pueden utilizarse otros gases, aunque las válvulas y reguladoras de soporte necesitan ajustarse al combustible que se utiliza para el arranque.

Un compresor de aire impulsa todas las válvulas neumáticas, cilindros y compuertas, mientras que un sistema de energía hidráulica alimenta la tolva de alimentación y los accionamientos de doble tornillo.

El proceso del reactor de toda la instalación está protegido por un sistema de purga con nitrógeno. En el caso de una emergencia, se envía el gas nitrógeno hacia el interior del reactor de pirólisis. Éste es un gas inerte que desplazará el oxígeno y evitará que entre cualquier oxígeno entrante se introduzca en el reactor caliente mediante presurización del hueco dentro del reactor de pirólisis. Dicho gas puede utilizarse como sistema contra incendios. Las válvulas de control pueden configurarse para abrirse en caso de fallo de alimentación, en caso necesario. Las compuertas de nitrógeno al reactor de pirólisis se sitúan en localizaciones en las que se concentra más el calor y el vapor.

Breve descripción de los dibujos

Las características preferidas de la presente invención resultarán evidentes a partir de la descripción siguiente de algunas formas de la forma de realización preferida, proporcionada a título de ejemplo haciendo referencia a los dibujos adjuntos, que no se han dibujado necesariamente a escala, en los que:

La figura 1 es una ilustración simplificada de un flujo esquemático de alimentador del sistema calentado con gases de escape.

La figura 2 es una vista isométrica de componentes de los elementos que constituyen el alimentador calentado con gases de escape.

La figura 3 es una vista isométrica de los alimentadores de doble tornillo calentados por el escape, collar caliente y cojinete trasero con sello y una sección transversal del alimentador de doble tornillo.

La figura 4 es una ilustración simplificada del sistema de reactor de pirólisis.

La figura 5 es una vista isométrica del sistema de reactor.

La figura 6 representa una representación isométrica de la caja de quemador de la instalación de pirólisis, los tubos de reactor y el soporte.

La figura 7 representa el ensamblaje de la torre de limpieza y el efecto de espiral de vapor.

La figura 8 ilustra el ensamblaje de la torre de limpieza de vapor.

La figura 9 es un detalle de las ranuras de expansión en forma de lágrima y estrechamientos de las placas de filtro para la torre de limpieza de vapor.

La figura 10 es una ilustración simplificada de un flujo esquemático de depurador de combustible calentado con gases de escape de un sistema de conversión pirolítica convencional.

La figura 11 es una vista isométrica de componentes de los elementos que constituyen el depurador de combustible calentado con gases de escape.

La figura 12 es una vista isométrica del conjunto de componentes del depurador de combustible calentado con gases de escape.

La figura 13 es una ilustración simplificada de un flujo esquemático del refinador de carbono.

La figura 14 ilustra el ensamblaje del refinador de carbono.

La figura 15 es una vista isométrica del conjunto del sistema de separación de refinación de carbono.

La figura 16 es una vista isométrica del conjunto de la sección del reactor de refinación de carbono, y

la figura 17 representa tres vistas del quemador de seguridad en el que la primera vista es un conjunto y la segunda vista es una vista isométrica de los componentes y la tercera vista es un detalle de la zona de la tobera Venturi.

Descripción de una forma de realización preferida

La instalación de pirólisis según la invención comprende un alimentador calentado con gases de escape, un reactor de pirólisis, una torre de limpieza de filtro giratoria, un depurador de combustible calentado con gases de escape, un refinador de carbono, un quemador de seguridad y todos los dispositivos, tales como tuberías y válvulas, necesarios para hacer funcionar la instalación, tal como se muestra en las figuras anteriormente indicadas.

Alimentador calentado con gases de escape (figuras 1, 2, 3, 4 y 5)

El material granulado de neumático puede transportarse neumática o mecánicamente al interior de un sistema de alimentador de tolva (figura 1). El transporte neumático puede aprovecharse de una separación de aire del material entrante. La separación de aire elevará el material granulado de neumático, aunque permitirá que objetos más pesados, como rocas o metal, caigan fuera de la abertura de recolección. Una vez se ha desplazado el material granulado de neumático al interior de la tolva receptora 101 y ha caído al interior de la sección de entrada de un tornillo de tolva de alimentación vertical 105, el material granulado es empujado hacia abajo, comprimiendo el granulado y generando un sellado. Lo anterior se lleva a cabo mediante la utilización de accionamiento neumático

o hidráulico 103 impulsado por un sistema de energía hidráulica 121 a fin de evitar la sobrecarga en caso de utilizar un motor eléctrico.

Un sensor de célula fotoeléctrica o interruptor de paleta 104 indica la altura del material granulado de neumático, ya que es conocido que el cegado de la abertura o el accionamiento del interruptor de nivel impedirá que el aire transporte el material a la tolva o que el alimentador de doble tornillo 503 llene en exceso la misma. El tornillo de empuje 105 empujará el material hacia el interior de la entrada de extrusor 102 y ayudará a generar un sellado a fin de impedir que se escape el gas del reactor. Sea cual sea el motivo, en el caso de que el material no se cargue en la tolva, una compuerta deslizante 106 bajo la tolva puede cerrarse a fin de mantener sellado el reactor de pirólisis. Dicha compuerta asimismo se utiliza para detener la entrada de material en el alimentador de doble tornillo 102 y permitir que el alimentador de doble tornillo se autolimpie de todo el material, si se desea.

A continuación, dicho material es empujado por el alimentador de doble tornillo 102 hacia el tornillo 107a del reactor superior. Dicho alimentador de doble tornillo 102 se calienta contiguamente a la zona de caída por el mismo quemador 108 que proporciona calor al tornillo 107a del reactor superior y al tornillo 107b del reactor inferior.

A medida que el escape calienta la zona, se calienta el alimentador de doble tornillo, el material granulado de neumático se licúa y llena el alojamiento del tornillo sin fin, creando una esclusa de aire mediante el llenado de cualquier espacio entre el material granulado de neumático. Un flujo continuo de material granulado de neumático de entrada mantiene el sellado de esclusa de aire. Debido a que el material granulado de neumático fundido y el material granulado de neumático sólido se encuentran bajo presión del momento de torsión, se causa un sellado en el alimentador y se detiene la introducción de aire en el reactor y no deja salir ningún gas.

La zona caliente empieza a licuarse y vaporiza el material únicamente en la zona caliente dentro de la caja del quemador. Dicho material entra por la entrada del reactor y cae en el tornillo 107a del reactor superior. Una sección de tramo inverso en el eje del doble tornillo desprende el material e impide la acumulación sobre el eje. Debido al rápido movimiento de material dentro del alimentador de doble tornillo, parte del material granulado de neumático no resulta vaporizado. El material granulado de neumático no vaporizado se hace caer al interior del tubo de reactor a un tornillo hueco de reactor de corte y plegado de doble tramo, inferiormente.

El alimentador calentado con gases de escape representado en la figura 1 provoca que resulte muy adecuado para alimentar el reactor de pirólisis. El material granulado se introduce en una tolva de alimentación 101, en donde es empujado hacia abajo hasta el alimentador de doble tornillo 102 con la sección de tornillo vertical 105. El tornillo de tolva de alimentación vertical 105 asimismo presenta brazos de ruptura de puente 109 para evitar que el material granulado de neumático se adhiera dentro de la tolva de alimentación vertical 101.

Una compuerta deslizante 106 está deslizada entre el alimentador de doble tornillo 102 y la tolva de alimentación 101, que permite el cierre en el caso de una emergencia o durante los procedimientos de parada. El tornillo de tolva vertical 105 revertirá la dirección y elevará el material granulado de neumático, mientras que el alimentador de doble tornillo 102, inferiormente, evacúa el material hacia el interior del reactor de pirólisis. Dicha acción de inversión del tornillo de tolva de alimentación vertical 105 extrae material hacia arriba hacia el interior de la tolva, dejando un hueco entre la tolva 101 en el alimentador de doble tornillo 102, de manera que la compuerta deslizante 106 se cierre correctamente.

El alimentador de doble tornillo 102 continuará funcionando para extraer todo el material, de manera que no se enfriará y endurecerá dentro del alimentador de doble tornillo 102. Si se dejará en el interior, el material bloquearía los dobles tornillos juntos y resultaría muy difícil el rearranque después del enfriamiento.

El material granulado de neumático viaja hacia abajo por el alimentador de doble tornillo 102, alimentando la entrada del reactor 110. El material granulado de neumático pasa por el alimentador de doble tornillo 102 que presenta tramos levógiros en un lado y tramos dextrógiros en el otro, que se enclavan y autolimpian mientras empujan material hacia el interior de la entrada del reactor 110.

El material en el alimentador de doble tornillo 102 empuja el material hacia el interior de un collar caliente 111 en el interior de la caja del quemador. El collar caliente 111 se proporciona con calor del quemador 108 en la caja del quemador. Se utiliza una válvula 112 para fijar la temperatura del collar caliente 111 al pasar hacia la entrada del reactor. El aire caliente procedente del quemador 108 viaja por el conducto 113 hasta el collar caliente 111 y después en torno al alojamiento de alimentación de doble tornillo 116 y se ventea por el conducto de escape 114.

El material granulado de neumático dentro del alimentador de doble tornillo 102 baja por los tramos hasta que entra en contacto con una sección central ampliada de la sección aumentada 115 que empuja el material hacia el alojamiento del alimentador de doble tornillo 116 para el calentamiento rápido. El material granulado de neumático es empujado por el alimentador de doble tornillo 102 hacia el interior de la entrada del reactor 110, donde entra en contacto con una sección de tramo inverso de la sección de tramo inverso 117 y en este punto el material es forzado de vuelta al tramo entrante y crea un movimiento de cizalla con el que el material cae al interior de la entrada del reactor 110.

La tolva de alimentación 101 y dicho alimentador de doble tornillo 102 están alimentados por un accionamiento neumático o hidráulico 103 que ajusta el momento de torsión según se requiera. Dichos accionamientos neumáticos o hidráulicos 103 están montados en un reductor de velocidad de engranaje 118 para evitar el contrajuego en el caso de un corte de energía. El sistema está controlado por indicadores de nivel 104, sondas de temperatura 122 y sensores de presión 120.

Tal como puede observarse en la figura 3, el alimentador de doble tornillo 102 está compuesto de un tramo levógiro y un tramo dextrógiro en el que el volumen entre el alimentador de doble tornillo 102 se corresponde con la sección aumentada expandida 115. Lo anterior se lleva a cabo mediante el incremento del tramo de rosca. Ello evita la compresión del material granulado de neumático y evita la adición de presión de retorno al accionamiento y de compactación del material. La sección aumentada 115 asimismo empuja el material hacia el alojamiento del alimentador de doble tornillo 116.

Lo anterior permite una transferencia de calor más rápida al material y ayuda a evitar las paradas en frío en el material. Los ejes principales 301 cambian de diámetro para conseguir lo anterior. El material es empujado hacia la entrada del reactor 110, en donde entra en contacto con un tramo inverso en la sección de tramo del eje de inversión. Dicha sección de tramo de inversión 117 corta el material hacia atrás y causa que se desprenda y caiga en el reactor de pirólisis, inferiormente. El collar caliente 111 está soldado al alojamiento de doble tornillo 116 para un sellado de un lado.

El eje del doble tornillo pasa por la entrada del reactor 110 y está sujeta por un conjunto de cojinetes de casquillo en el exterior. Se utiliza una junta de prensaestopas para evitar las fugas del gas de vapor presurizado. Los cojinetes 201 encajan dentro de un alojamiento 202 que debe ser empujado por la placa frontal 203 con el hardware 302/3033 creando presión sobre el material de la junta de prensaestopas 304. Se utiliza una arandela de latón 305 para evitar que el cojinete haga girar el material de la junta de prensaestopas 304.

Reactor de pirólisis (figuras 1, 4, 5, 6, 10 y 13)

El material granulado de neumático entrará en el compresor de aire 413 con un flujo continuo y el combustible recogido (figura 10), carbón/cenizas/carbón (figura 13) se descargará. El calor se aplica desde los quemadores 108 y se mantiene en el sistema durante toda la operación sin parar para el llenado o la descarga del carbón. La alimentación (figura 1) utiliza un sellado por compresión basada en el material y la descarga (figura 13) utiliza una serie de compuertas para crear un sellado de esclusa de aire. La presente invención puede utilizar material granulado triturado, material granulado de neumático grande o material granulado de neumático pequeño.

El reactor de pirólisis presenta cajas de quemadores 601 que transfieren el calor a través de las paredes laterales de los tubos de reactor 602, 603, vaporizando el material dentro del tubo de reactor a medida que resulta transportado. El material de carbón de neumático junto con cualesquiera vapores caerá desde el tornillo 107a del reactor superior al tornillo 107b del reactor inferior y continuarán siendo transportados hasta el final del reactor inferior.

La presente invención combina la salida de vapor y el sistema de alimentación en una zona. Esta zona está fija a la estructura de acero y no se permite su movimiento al aplicar calor al tubo principal del reactor de pirólisis. Se expande apartándose de dicho punto fijo, permitiendo que el sistema de alimentación y el sistema de escape del reactor de pirólisis sean estacionarios. La ventaja de disponer el orificio de salida directamente en la parte superior de la entrada es la capacidad de capturar los combustibles más ligeros.

El material granulado de neumático y los vapores que entran en el extremo de reactor son arrastrados a lo largo de los tornillos de los reactores superior 107a e inferior 107b con tornillos de doble tramo que presentan ranuras recortadas y plegadas. El calor de las cajas de quemador 601 circundan los tubos de reactor creando una temperatura elevada que arranca la reacción. Los tubos del reactor de pirólisis se expandirán debido al calor y se desplazarán en una dirección debido a que se encuentran anclados por el alimentador caliente (figura 1).

Dicho reactor de pirólisis permite la combinación de encerrar los tubos de reactor apilados en una caja de quemador mediante la utilización de únicamente un quemador por caja. El tornillo 107a del reactor superior se expandirá al calentarse y se desplazará alejándose del extremo de alimentación. Simultáneamente, el tornillo del reactor inferior 107b se expande en la dirección contraria, al estar fijado por la sección de tramo 402. La sección superior tira de la sección inferior debido a dicha conexión de tramo. Por lo tanto, en el caso de que los tubos de los reactores superior e inferior se calienten a la misma temperatura, se expandirán en la misma magnitud.

La caja del quemador está aislada por dentro y reduce el calor que llegará a la capa externa. A su vez, la caja del quemador no se expande en correspondencia con los tubos de reactor, de manera que se utiliza un collar deslizante sellado 610 para sujetar la caja del quemador a los tubos de reactor.

Existe un hueco entre cada caja de quemador en donde puede unirse un carro 605 de soporte de rodillos a los

tubos de reactor. Estos carros de soporte de rodillos están atornillados a los tubos de reactor con un clip expandible. La base del carro de soporte de rodillos utiliza un rodillo de leva situado en torno a un asiento de barra 606 plano fijo para impedir el movimiento en los ejes X y Z, evitando simultáneamente la deformación del tubo de reactor.

5 Se utiliza un quemador con entradas dobles para calentar el reactor de pirólisis. Un gas es para el arranque y la otra entrada al quemador es para el syngas. Se utiliza una caja de control separada para cada quemador, aunque monitorizadas por el CLP principal. Se utilizan sondas de temperatura 607 para controlar la temperatura del reactor a un punto de ajuste de PID en la caja de control.

10 El movimiento del reactor de pirólisis es en dirección lateral. El armazón de acero 608 del tubo presenta asientos de barra 606 planos para que se deslicen los carros de soporte de rodillos 605 sobre ellos. Los carros 605 de soporte de rodillos presentan un rodillo palpador de leva 611 para sujetar el reactor de pirólisis y evitar que se mueva hacia arriba o a los lados, permitiendo el movimiento únicamente en la dirección longitudinal de los tubos de reactor. El reactor superior está ligado al reactor inferior, estando conectado mediante el collar conector 402
15 entre el reactor superior y el inferior y tira longitudinalmente del reactor inferior a medida que se expande. El reactor inferior se expande en la dirección contraria a medida que se calienta. Al encontrarse a la misma temperatura, los tubos de los reactores superior e inferior se expanden en la misma magnitud, manteniendo la caja de quemador de entrada fija en su sitio.

20 Los accionamientos 501 situados en los extremos de los tubos de reactor asimismo se encuentran sobre un carro 502 de rodillos para permitir la expansión. El sistema transportador de carbón/ceniza/carbono se encuentra sobre un soporte de rodillos para tirar de él con el reactor de pirólisis a medida que se expande en caso de accidente. La enorme ventaja de la invención de reactor de dos apilamientos es que la longitud combinada de expansión sería superior a 30,48 cm (12") en caso de apilarlos extremo con extremo. Mediante el apilamiento de los tubos de
25 reactor 602/603 uno sobre el otro, se reduce la expansión a la mitad. Lo anterior reduce además la carga sobre el tornillo 107a del reactor superior y el tornillo 107b del reactor inferior dentro del reactor de pirólisis mediante la reducción de la longitud.

30 Todo el sistema está protegido por un sistema de purga con nitrógeno 403. En el caso de una emergencia, se envía el gas nitrógeno hacia el interior del reactor de pirólisis. Éste es un gas inerte que desplazará el oxígeno y evitará que entre cualquier oxígeno entrante se introduzca en el reactor caliente mediante presurización del hueco dentro del reactor de pirólisis. Dicho gas puede utilizarse como sistema contra incendios. Las válvulas de control pueden configurarse para abrirse en caso de fallo de alimentación, en caso necesario. Las compuertas de nitrógeno al reactor de pirólisis se sitúan en localizaciones en las que se concentra más el calor y el vapor.

35 Aproximadamente el 90% de todo el material granulado de neumático entrante resultará vaporizado en el tornillo 107a del reactor superior, mientras que el 10% restante resultará vaporizado en el tornillo 107b del reactor inferior. Existe una abertura en el extremo opuesto en el reactor inferior en el que cualquier carbón caerá en un tornillo sin fin 404 de descarga de cenizas que lo extraerá del reactor de pirólisis por una compuerta superior, una compuerta intermedia y una compuerta inferior 1302/1306/1308. En este punto, el carbón/cenizas/carbono serán procesados por el sistema procesador de refinación de carbono.

45 El combustible nuevamente sometido a ebullición y vaporizado a continuación viajará hasta el interior de un alojamiento de un intercambiador de calor estándar y condensadores de tubo 407 para el enfriamiento. El primer condensador está unido a la parte superior de un tanque de retención, en el que se recoge las cadenas de carbonos que están en ebullición a más de 149°C (300°F). A continuación, los vapores restantes viajan hacia arriba y al exterior, bajando después por un condensador enfriado en la parte superior de un tanque de acabado. El tanque de acabado asimismo presenta una bobina de enfriamiento alimentada por un refrigerante de glicol 408 que condensará las cadenas de carbono restantes, C5 y mayores. Dicho tanque se fija a una temperatura de
50 aproximadamente -6,7°C (20°F). Los vapores restantes sólo son entonces gas no condensable denominado syngas. A continuación, el syngas pasa por un grupo de burbujeadores 409 para lavar el sulfuro y otros compuestos químicos absorbibles de la corriente de gas. A continuación, el syngas lavado se utiliza para proporcionar energía a los quemadores 108, y asimismo puede utilizarse para proporcionar energía a un generador 420.

55 Torre de limpieza de filtro giratoria (figuras 4, 5, 7, 8 y 9)

Los vapores se expulsan del reactor de pirólisis y hacia arriba por una torre de limpieza de filtro giratorio, que es muy versátil en que modifica las RPM, el tiempo de permanencia o el tiempo de enfriamiento del combustible y puede ajustarse para permitir un incremento o reducción del tiempo de permanencia. En el caso de que las paletas
60 de giro 704 no se desplazasen en absoluto, los vapores de gas 720 o 721 viajarían directamente por la torre. Éste sería un camino recorrido relativamente corto. Los vapores no perderían temperatura en un camino recorrido tan corto (aproximadamente 3 segundos). El gas que entrase en la torre del sistema junto con las partículas de carbono 722 saldría directamente. A fin de modificar la temperatura del vapor para permitir algo de condensación, debe incrementarse la longitud recorrida o el tiempo de permanencia. Con las paletas de giro 704 en rotación, provocan
65 que los vapores circulen entre las placas de filtro 703. Antes de elevarse a través de la siguiente placa de filtro, las paletas giratorias generan un camino helicoidal para los vapores. Haciendo girar las paletas de giro más

rápidamente o más lentamente, se incrementa o se reduce el camino helicoidal del vapor de gas 720 o 721. Lo anterior cambia el tiempo de permanencia, proporcionando más tiempo de enfriamiento, de manera que los vapores de combustible o cadenas de carbono más pesados se condensan dentro de la torre de limpieza de filtro giratoria. Lo anterior condensa los vapores y absorbe cualesquiera partículas de carbono 722 con las que entra en contacto. Además de crear un efecto de espiral en el camino del vapor, las paletas giratorias crean una energía cinética y centrífuga 724. La energía cinética fuerza a que el vapor de gas condensado 720 sobre las paletas giratorias 704 resulte empujado a través del vapor de gas remanente 720 y multiplica el tiempo de contacto del combustible líquido con cualesquiera partículas de carbono 722 de manera que resultan absorbidas por el líquido. La energía centrífuga creada por las paletas giratorias 704 causa que los vapores asimismo giren. El movimiento centrífugo de los vapores los empuja hacia el alojamiento externo 713 de los filtros giratorios para que el combustible condensado ahora caiga por las paredes de la torre 713 y vuelva al reactor 728, inferiormente.

Las paletas giratorias 704 junto con las placas de filtro 703 crean una presión de retorno dentro de la torre. La utilización de una turbina 705 en la parte superior de los filtros extrae los vapores hacia arriba y hacia el exterior de la salida de la torre 702 por una tubería 730 y hacia el interior de un depurador de combustible 901. Dicha turbina elimina la presión de retorno creada por los filtros. A un giro más rápido del eje principal 737, el viaje de los vapores requiere más tiempo y se acumulará más presión de retorno. Sin embargo, con la turbina dimensionada para adaptarse a la presión de los filtros, gira a las mismas RPM que se adapten a esa presión. A menor velocidad de giro del depurador, se requiere menos presión y la turbina, al estar fija, se ajusta a la presión necesaria.

Un filtro estándar permitiría que la acumulación de combustible cargado de carbón taponase su luz. En la presente invención, la superficie superior de las placas de filtro 703 presenta ranuras ahusadas 727 en el filtro que siguen el camino de giro de las paletas. Las ranuras ahusadas de los filtros asimismo se estrechan en la dirección de las paletas giratorias de más pequeñas 726a a más grandes 726b en una forma de lágrima 727. Lo anterior permite la expansión, no la compresión. Al comprimirse material de tipo torta, tiende a mantenerse y taponar las aberturas. Por otra parte, al expandirse tiende a descomponerse, lo que ayuda a limpiar las aberturas.

Las ranuras ahusadas 727 del filtro asimismo se han estrechado mediante mecanizado 718, de parte superior de la placa a parte inferior de la placa 718. Lo anterior asimismo proporciona una zona de expansión y permite que el material se desprenda de la placa de filtro. El alojamiento externo 713 de la torre de limpieza asimismo presenta forma ahusada. Lo anterior le proporciona una pared lateral negativa. Dicha forma ayuda a que el material líquido, junto con cualquier carbono capturado, fluya hacia abajo y de vuelta al vapor de gas 721.

La mayor parte del combustible líquido de vapor condensado se encontrará en contacto con las paredes de alojamiento debido a que las paletas giratorias fuerzan a ello. Las placas de filtro presentan la mitad de la misma ranura ahusada 723 junto con el punto de contacto del alojamiento externo 713 para permitir que el material fluya a su través.

El combustible condensado más pesado con sus partículas de carbono capturadas fluirá hacia abajo por las paredes y volverán al reactor, inferiormente. El combustible retornado, junto con el carbono, entrará en el reactor de pirólisis y se calentará nuevamente. El combustible calentado nuevamente a continuación se vaporizará y se separará de las partículas de carbono.

El efecto térmico del reactor de pirólisis en el combustible asimismo craqueará parte de los combustibles en cadenas de carbonos más cortas, provocando que un porcentaje del combustible de retorno pase por la torre de limpieza, dejando atrás las partículas de carbono 722.

La torre de limpieza de filtro giratoria está impulsada por un motor eléctrico 714 mediante una caja de engranajes. El eje principal sólido 737 está unido mediante la caja de engranajes 706 y bajando hasta la última placa de filtro 703 dentro de la torre. El eje principal 737 presenta paletas giratorias 704 unidas y la turbina 705 se encuentra atornillada en la parte superior.

Las placas de filtro presentan una abertura en forma de cruz 725 que permite el tramo de las paletas giratorias durante la instalación. La turbina 705 está atornillada al eje principal 737. La presente invención permite la sustitución por el tipo de turbina requerido para adaptarse al equilibrio de presión de retorno recomendado. Las placas de filtro 703 se atornillan a través de las paredes del alojamiento 713, de manera que asimismo puedan sustituirse por placas que presentan más o menos ranuras ahusadas de los filtros, según se requiera.

El montaje de motor 707 está elevado para reducir la transferencia de calor a la caja de engranajes 706. Una junta de prensaestopas 709 activada por muelle separa de la atmósfera. el alojamiento de la junta de prensaestopas 709 está soldado al reborde superior 801. Se utilizan termopares 712 para leer las temperaturas internas de entrada y salida. Dicha temperatura determina el tipo de cadenas de carbonos que se condensarán basándose en su punto de ebullición. Asimismo se utiliza un indicador de diferencial de presión 802 para indicar la magnitud de la presión de retorno a través de los filtros. Dichos dos indicadores proporcionan información a un operador para el control del depurador.

Depurador de combustible con calor de gases de escape (figuras 4, 5, 10, 11 y 12)

- Tras pasar la torre de limpieza de filtros, los vapores viajan hasta el depurador de combustible calentado con gases de escape mostrado en las figuras 10, 11 y 12, en donde se eliminan cualesquiera partículas de carbono. Los vapores que se condensan a temperatura inferior a 260°C (500°F) se condensarán y después entrarán nuevamente en ebullición formando vapores, permaneciendo el combustible, que es más pesado. Dicho combustible pesado, junto con las partículas de carbono, se bombeará 1001 de vuelta al reactor de pirólisis 1002 para el craqueo térmico y para depositar el carbono de vuelta en el reactor de pirólisis.
- La figura 11 representa el ensamblaje del depurador de combustible calentado con gases de escape. Se inserta un tubo de entrada 1003 en el alojamiento principal 1004, bajando hasta la envoltura metálica de aislamiento dividida 1005 hasta un punto inferior al combustible del depurador en el interior. El alojamiento principal 1004 se encuentra interpuesto entre una envoltura metálica de aislamiento dividida 1005. Se instala una válvula de control 1022 entre el escape 1007 del reactor de proceso y la envoltura metálica de aislamiento dividida 1005 para suministrar calor para someter nuevamente a ebullición el combustible.
- El orificio de salida de escape 1008 y el orificio de entrada de calor 1009 se utilizan para penetrar en la caja para la circulación de aire caliente de escape dentro del alojamiento principal 1004. Una válvula de descarga 1010 se atornilla entre el alojamiento principal 1004 y el tanque de retención de descarga 1011. El tanque de retención de descarga 1011 está conectado mediante tuberías a una bomba 1001 y después a una válvula de desvío 1027. Se bombea combustible al reactor de pirólisis 1002 para el craqueo térmico adicional o se desvía de vuelta al depurador 1012 para mantener el indicador de nivel. Se instala una tubería de ventilación 1013 entre el alojamiento principal 1004 y el tanque de retención de descarga 1011.
- El orificio de salida 1014 puede estar dirigido a un condensador 1015 y el syngas restante a la tubería 1032 hasta el quemador de proceso 108 en la caja del quemador del reactor. Se instalan sensores para controlar la temperatura 1017 y el indicador de nivel 1016.
- La presente invención corrige el problema del combustible contaminado mediante la eliminación de las partículas de carbono en la corriente de vapor. Los vapores salen del reactor de pirólisis y son empujados por la acumulación de presión en el reactor de pirólisis hacia el interior del tubo de entrada 1003.
- Los vapores junto con el carbono, recorren el tubo de entrada 1003 y son empujados a través del combustible en ebullición almacenado y son recogidos en la sección inferior del alojamiento principal 1004. El combustible y el carbono entran en contacto con productos de reebullición calientes de combustible líquido en ebullición, se convierten en vapor de combustible limpio y son empujados hacia arriba y hacia el exterior del depurador.
- Los vapores de enfriamiento reducen el volumen y el vapor junto con el carbono que entra en contacto con el combustible líquido almacenado inferiormente 1019. Lo anterior provoca que el carbono absorba algo de líquido y se torne más pesado que el combustible en ebullición. En este punto, se desprenderá de la corriente de vapor y será arrastrado hasta el interior del líquido, cayendo hasta el fondo de la zona inferior del depósito de alojamiento del limpiado, en donde se encuentra presente el calor del escape entrante.
- El vapor entrante perderá ligeramente temperatura y un porcentaje del vapor se mantendrá en estado de gas. El combustible en ebullición evaporará cualesquiera vapores condensados recogidos y los rehervirá formando vapor, eliminando de esta manera las partículas de carbono. El peso del combustible se conoce como cadena de C y será determinado por su temperatura de ebullición.
- El punto de ajuste del combustible en ebullición vaporizará cualesquiera cadenas de carbono a una temperatura inferior a la temperatura de ajuste. Dicho vapor rehervido será empujado hacia el exterior del depurador por el orificio de salida 1014 al interior del condensador 1015 y tanque de retención 1021, donde la temperatura cae y torna el vapor nuevamente en un líquido sin partículas de carbono. Los gases no condensables son empujados por el sistema e introducidos en el quemador 108, creando calor para la instalación de pirólisis.
- El combustible almacenado del depurador hervirá si la temperatura de ajuste es superior al punto de ebullición del líquido, creando un nivel de volumen bajo en el combustible del depurador. Ocurrirá lo contrario si la temperatura de ajuste es inferior a la de la mayoría del combustible almacenado del depurador. Lo anterior creará una acumulación superior al nivel recomendado en la zona de almacenamiento de combustible del depurador. El calor al depurador es proporcionado por el escape 1007 del reactor de proceso. El escape puede alcanzar una temperatura de hasta 1093,3°C (2000°F), de manera que se utiliza una válvula de control 1022 y un termopar 1017 junto con un controlador 1023 y válvula de accionamiento 1006 para regular el escape caliente requerido para mantener la temperatura de ajuste.
- El aire caliente 1025 viaja de la caja del quemador a través del conducto controlado de escape 1007 del reactor de proceso hasta el interior de la envoltura metálica de aislamiento dividida 1005 y viaja en torno a la envoltura metálica de aislamiento dividida 1005 y después es expulsado. Una pared aislada 1024 impide que el aire caliente

1025 evite la envoltura metálica de aislamiento dividida, creando un calor uniforme para el depurador. El combustible en ebullición dentro del depurador presenta una altura ligeramente superior al fondo del tubo de entrada 1003. Lo anterior proporciona al vapor entrante un efecto de burbujeo que expone el vapor de gas al combustible líquido donde se produce la separación.

Dicho combustible presenta una separación natural del peso de combustible basada en el valor de las cadenas de carbonos. Los combustibles más pesados tenderán a caer y los combustibles más ligeros, a elevarse, donde un calor más elevado los vaporizará. Los combustibles más pesados se hundirán hasta el fondo junto con el carbono, donde serán extraídos y devueltos al reactor de pirólisis para el recraqueo y la separación del carbono.

El combustible descargado sale del depurador por una válvula de descarga 1010 y entra en el tanque de retención de descarga 1011 a partir de un nivel que resulta activado por un punto de ajuste de la sonda de nivel 1026. Al alcanzar el nivel, una bomba 1001 empuja el combustible pesado de descarga junto con las partículas de carbono al reactor de pirólisis 1002 o de vuelta al depurador 1012 para ajustar el nivel según se requiera mediante la utilización de una válvula de desvío 1027.

Una tubería de ventilación 1013 se encuentra entre el tanque de retención de descarga 1011 y el alojamiento principal 1004 y está controlada por una válvula de retención 1028. Se utiliza un indicador de nivel 1016 para mantener la altura del combustible en ebullición del depurador. Dicho indicador de nivel activa que se drene ligeramente la unidad o que se llene con combustible descartado. La altura del combustible en ebullición sobre el tubo de entrada 1003 resulta crucial para llevar a cabo una limpieza apropiada.

Cuanto más profundamente se haya sumergido el tubo de entrada 1003 en el combustible en ebullición del depurador, más prolongado será el tiempo de exposición al líquido y más prolongado será el tiempo de exposición para que el carbono resulte absorbido. Sin embargo, lo anterior crea una presión de retorno más elevada en el reactor de pirólisis. Por lo tanto, basándose en la presión de retorno requerida, la profundidad del tubo de entrada 1003 en relación a la profundidad del combustible en ebullición del depurador resulta crucial. La profundidad del tubo de entrada bajo el líquido crea presión dentro del reactor de pirólisis. Se requiere presión para que el gas de vapor pase por el líquido. A mayor profundidad del tubo de entrada, se requiere más presión para que el gas pase por el líquido.

El alojamiento principal 1004 está realizado en materiales de baja corrosión y elevada resistencia al calor. Los orificios superior, inferior y de salida presentan rebordes soldados para las conexiones de sellado. Se sueldan aletas absorbentes del calor 1033 al alojamiento principal en la sección inferior, en donde se aplica calor. Se unen acoplamientos 1030 para el indicador de nivel 1016, el combustible de retorno y la sonda de acoplamiento térmico 1017. El tubo de entrada 1003 presenta un reborde correspondiente para el acoplamiento con el alojamiento principal 1004. La longitud del tubo de entrada 1003 se fija para permitir una adecuada inmersión en el combustible en lavado.

Una envoltura metálica de aislamiento dividida 1005 con un valor R de instalación elevado 1031 se atornilla por el interior y se interpone entre la envoltura metálica de aislamiento dividida 1005 y fija la posición de la pared divisoria 1024. La envoltura metálica de aislamiento dividida 1005 presenta tanto un orificio de entrada de calor 1009 como un orificio de salida de escape 1008 para el sistema de escape de los quemadores del reactor de pirólisis para la entrada y la salida. Una válvula de accionamiento/válvula de control 1006/1022 está instalada en el orificio de entrada de calor 1009 para controlar el calor dentro del alojamiento principal. La válvula de descarga 1010 controlada por ordenador está atornillada al alojamiento principal 1004 desde el fondo. Un tanque de retención de descarga 1011 está atornillado a la válvula de descarga 1010.

Se utiliza un indicador de nivel 1026 para controlar el nivel de líquido dentro del tanque de retención de descarga 1011. Una bomba 1001 extrae el combustible recogido según se requiera. Se instala una válvula de desvío 1027 después de la bomba y selecciona la dirección del combustible de descarga.

Refinador de carbono (figuras 4, 5, 13, 14, 15 y 16)

El carbón de carbono se descarga de la pirólisis mediante un tornillo 107b del reactor inferior y por un dispositivo de esclusa de aire con compuerta. La compuerta superior 1302 se mantiene abierta mientras el tornillo sin fin de descarga de cenizas 1301 está en funcionamiento. El carbón llena la primera tolva 1303 y desconecta un tornillo sin fin de descarga de ceniza 404

Lo anterior detendrá el tornillo sin fin de descarga de cenizas 404 al desactivar el suministro de energía al accionamiento 1305 y cerrar la compuerta superior 1302. La compuerta intermedia 1306 se abrirá y depositará el carbón en otra tolva inferior 1307 y cerrará nuevamente la compuerta intermedia. La compuerta superior se abrirá e iniciará nuevamente el procedimiento de tornillo sin fin del carbón. La compuerta inferior 1308 ahora se abrirá y alimentará el tornillo dosificador 1309 inferiormente que gira en un eje de transmisión hueco 1310 y presenta aberturas de aire correspondientes. El tornillo dosificador 1309 presenta un eje de transmisión hueco 1310 para permitir que fluya el aire por él.

El tornillo dosificador 1309 gira y fuerza carbonizado hacia la corriente de aire (mediante un conducto 1316) creada por el soplador 1311 del quemador. Dicho soplador de quemador suministra aire para la combustión del gas suministrado 1313 (propano líquido o syngas producido por el procedimiento de pirólisis).

El carbón de carbono junto con el aire entran en la cámara de combustión 1312, en la que prenden por una bujía o llama piloto 1314. La fuerza del soplador mezcla el carbón con el aire y al entrar en contacto con la llama y arrastra cualesquiera hidrocarburos y los incinera junto con cualquier material combustible en la corriente. Un tornillo dosificador 1309 dentro de la cámara arrastrará el carbono a una abertura de descarga 1322 en el otro extremo.

El lento giro del tornillo dosificador espiral prolongará el tiempo de exposición del material de carbón a la llama y puede ajustarse según se requiera mediante la utilización de un inversor de accionamiento del motor 1317. Todos los accionamientos están soportados y se sellan con un prensaestopas 1318. El soplador 1311 del quemador requiere un camino para el alivio de la presión o la presión de retorno detendrá el flujo de aire y extinguirá la llama, de manera que se conecta una línea de ventilación 1319 en el extremo opuesto de la cámara.

La línea de ventilación 1319 pasa por un burbujeador de agua 1320 y funciona con una fuente de vacío 1321 para equilibrar la presión de retorno del soplador 1311 del quemador. El agua en el burbujeador de ventilación asimismo elimina cualesquiera partículas en suspensión en el aire y absorberá compuestos químicos como el sulfuro. El carbón más pesado ahora es carbono refinado y se envía a la abertura de descarga 1322, en la que cae a un tanque separador 1323.

Se controla el nivel de agua 1324 mediante un interruptor de nivel típico 1325 en el tanque separador 1323 que permite que el carbono pesado 1326 sedimente y las cenizas o carbones remanentes 1327 floten. El carbono que sedimenta es recogido del fondo de un tanque separador 1323.

Un tornillo sin fin de elevación vertical 1328 se utiliza para extraer el carbón del tanque separador por una abertura 1329 en las aberturas 1330 y drena el agua del carbón por aberturas 1330 en el tubo de elevación 1331. A continuación, el carbón se deposita 1333 en un tornillo sin fin horizontal 1335 que pasa por la caja del quemador 601, en la que se aplica calor a las paredes del tornillo sin fin.

Dicho calor elimina el agua y la devuelve al tanque separador 1323 por un condensador en línea 1334. El condensador enfría el vapor de agua de vuelta al estado líquido. El carbono seco en el tornillo sin fin horizontal 1335 a continuación pasa por una primera esclusa de aire 1336 y a tanques.

Las cenizas y carbones que flotan 1337 dentro del tanque separador 1323 se eliminan al vacío desde la parte superior y se arrastran al interior de un ciclón 1338 para la recolección. Asimismo se utiliza una segunda esclusa de aire 1339 en la descarga del ciclón para la eliminación.

El vacío utilizado para extraer el carbón y cenizas procede de un soplador 1340 montado en la parte superior del ciclón 1338. A continuación, el soplador empuja su escape 1346 al interior de un filtro de manga 1341, en donde puede recogerse cualquier polvo recogido 1342 y descargarse mediante una tercera esclusa de aire 1343.

Torre de quemador de seguridad (figuras 4 y 17).

La parada del sistema requiere que los quemadores 108 en los reactores se apaguen, mientras se deja que los ventiladores sigan funcionando. La entrada de aire sólo reduce mucho el tiempo de enfriamiento. Sin embargo, el procedimiento todavía produce syngas hasta que la temperatura del reactor sea inferior a 204°C (400°F). El syngas debe almacenarse 410 o consumirse para permitir la ventilación de dicho gas respecto del reactor de pirólisis.

Se requeriría un tanque de baja presión de volumen elevado o el gas podría eliminarse por combustión (figura 17). Un quemador de parada de seguridad combustionará todo el syngas venteado mediante la utilización de un quemador de modulación estándar con tubería hasta el interior de una cámara de combustión venteada. Al caer el volumen de syngas debido al enfriamiento del reactor de pirólisis, el quemador ajusta el volumen de gas de manera que la proporción de aire a gas resulte eficiente.

Un quemador estándar utiliza el gas de proceso en un quemador dual estándar. Éste se conecta mediante una tubería al interior de un tubo de torre, en donde las llamas están protegidas de la atmósfera. El quemador empuja las llamas hacia arriba dentro de la torre y mantiene el calor necesario para la incineración. La mezcla de aire y gas se configura para permitir la combustión completa de los gases de proceso. La descarga de gas ahora sólo es de gas de escape del quemador estándar sin ninguna descarga visible.

Se utiliza un soplador 1708 filtrado 1716 con un control de velocidad variable para equilibrar la proporción de gas a aire. Un sensor para medir el gas entrante transmite información a un ordenador 1718, que calcula proporción y ajusta la velocidad del soplador. El gas entrante entra por una válvula de admisión 1701 y por una tubería 1702 y

después bajo la cámara del burbujeador 1719 y hacia el interior de la base 1703 del alojamiento del quemador de seguridad, donde burbujea bajo la cámara del burbujeador 1719. Dicha cámara de burbujeador 1719 absorbe el sulfuro y actúa como un supresor de llama. A continuación, el syngas burbujea hacia arriba, hacia el interior de la cámara del burbujeador 1721 sobre la línea del agua, donde resulta arrastrado hacia la corriente de aire del soplador 1708 por una tobera Venturi 1707. En la parte superior de la salida de la tobera Venturi 1707 se sitúa una llama piloto 1714 en la que se prende la mezcla. Las llamas resultantes se encuentran dentro de la zona aislada 1711, en la que se deja que el calor llegue a 2000°F y complete la incineración. Los gases de descarga de escape son similares a gases de descarga de un quemador estándar de propano. No se encuentran escapes de humo por el conducto del quemador de seguridad.

Para arrancar el quemador de seguridad se cierra una válvula de admisión 1701 y se bombea aire comprimido por un orificio 1720 y hacia el interior de la cámara del burbujeador 1721, forzando cualesquiera gases de combustible hacia el interior de la tobera Venturi 1707, donde la velocidad de aire del soplador 1708 lo introducirá en la corriente de aire. El aire limpio circulará durante 90 segundos para purgar el conducto de humos 1709 y la cámara del burbujeador 1721. El aire comprimido parará y se abrirá la válvula de admisión 1701, dejando ahora que syngas burbujee y se mezcle con el aire del soplador. Una llama piloto 1714 prenderá la mezcla y un sensor de llama 1710 confirmará la ignición. En el caso de que la mezcla no prenda, se repetirá el procedimiento de purga.

Se utilizan equipos de proceso estándares para mantener el nivel del agua, un interruptor de nivel 1705 y un indicador visual 1706 más válvulas de drenaje y llenado 1704. Se utiliza aislamiento ignífugo 1711 dentro de la zona del almacén y se instala una tapa del conducto de ventilación 1712 en el exterior para evitar que llueva o nieve entre en el quemador de seguridad.

Un encendedor industrial estándar 1715 controla el quemador, mientras que un CLP monitoriza los valores del sistema de quemador de seguridad.

Puede utilizarse propano líquido 1713 o gas natural para la llama piloto.

Equipos de soporte (figuras 4, 5, 6 y 17)

El procedimiento total se monitoriza y controla mediante un programa de CLP situado en un panel de control principal 411. Lo anterior es un estándar en la industria. Los quemadores 108 requieren controles independientes 609 para cumplir los estándares requeridos.

La reacción de pirólisis requiere calor para producir el syngas que se suministra a los quemadores, aunque, a menos que el syngas se almacene, se requiere un gas de arranque. El propano líquido 412 presenta propiedades muy similares a las del syngas, por lo que es la primera elección utilizar gas LP en botella comercial para el arranque. Pueden utilizarse otros gases, aunque las válvulas y reguladoras de soporte necesitan ajustarse al combustible que se utiliza para el arranque.

El material granulado de neumático vaporizado se condensa en un combustible líquido mediante la utilización de condensadores de alojamiento 407 y tubo intercambiadores de calor estándares. Se requiere que el tanque de acabado enfríe los vapores a aproximadamente -6,7°C (20°F) para condensar todas las cadenas de carbono mayores de C-4 en un líquido. Para garantizar que se condensan todos los vapores, el tanque de acabado presenta un grupo de tubos enrollados dentro de un baño de glicol frío. El glicol no se congela y se utiliza en la industria para la refrigeración. Se utiliza un sistema enfriador de tipo compresor 408 para toda la refrigeración de los condensadores.

Un compresor de aire 413 impulsa todas las válvulas neumáticas, cilindros y compuertas, mientras que un sistema de energía hidráulica 121 alimenta la tolva de alimentación y los accionamientos de doble tornillo.

En caso de producirse un corte de energía, la capacidad de eliminar el gas mediante combustión resulta vital. Por lo tanto, se suministra un respaldo de batería 1717 para garantizar que a medida que se enfría la pirólisis, pueda eliminarse con seguridad el syngas acumulado. Un ordenador 1718 conectado al respaldo de batería asimismo se utiliza con el mismo motivo.

Todo el sistema está protegido por un sistema de purga con nitrógeno 403. En el caso de una emergencia, se envía el gas nitrógeno hacia el interior del reactor de pirólisis. Éste es un gas inerte que desplazará el oxígeno y evitará que entre cualquier oxígeno entrante se introduzca en el reactor caliente mediante presurización del hueco dentro del reactor de pirólisis. Dicho gas puede utilizarse como sistema contra incendios. Las válvulas de control pueden configurarse para abrirse en caso de fallo de alimentación, en caso necesario. Las compuertas de nitrógeno al reactor de pirólisis se sitúan en localizaciones en las que se concentra más el calor y el vapor.

Aunque la invención se ha descrito y dado a conocer en la presente memoria haciendo referencia a una forma de realización preferida, la descripción no pretende ser limitativa de la invención a una forma de realización particular tal como se muestra y describe en la presente memoria sino que, por el contrario, la invención presenta el objetivo

de cubrir todas las formas de realización alternativas y modificaciones que se encuentren comprendidas dentro del alcance de la invención según se define mediante las reivindicaciones incluidas en la presente memoria.

REIVINDICACIONES

1. Instalación de pirólisis que comprende un alimentador calentado con gases de escape, un reactor de pirólisis, una torre de limpieza de filtro giratoria, un depurador de combustible con calor de gases de escape, un refinador de carbono, un quemador de seguridad, en la que:
 - a) el alimentador calentado con gases de escape comprende por lo menos: una tolva receptora (101) que presenta un tornillo de empuje vertical (105) con brazos de ruptura de puente (109) y un accionador neumático o hidráulico (103); un sensor de célula fotoeléctrica o interruptor de paleta (104); una compuerta deslizante (106); un alimentador de doble tornillo (102), que presenta un alojamiento de doble tornillo (116), dos tornillos de los cuales un tornillo con tramos a la izquierda y el otro tornillo con tramos a la derecha, un sistema de energía neumática o hidráulica (121), que presenta un reductor de velocidad de engranaje (118), y que presenta un collar calentado (111);
 - b) el reactor de pirólisis comprende por lo menos: un tornillo de reactor superior (107a) y un tornillo de reactor inferior (107b) con tornillos de doble tramo que presentan unas ranuras de corte y plegado; unas cajas de quemador (601) que presentan un quemador de gas dual (108) por caja, un collar deslizante sellado (610) para soportar la caja de quemador sobre los tubos de reactor (602/603), unos carros de soporte de rodillo (605), un armazón de acero de tubo (608) que presenta unos asientos de barra planos (606) para los carros de soporte de rodillos, los carros de soporte de rodillos (605) presentan unos rodillos palpadores de leva; unos accionamientos (501) sobre los carros de rodillo de soporte de accionamiento (502);
 - c) la torre de limpieza de filtro giratoria comprende por lo menos: la turbina (705); las paletas giratorias (704); las placas de filtro (703) que presentan unas ranuras estrechadas (727) que se estrechan en el sentido de las paletas giratorias de menor (726a) y mayor (726b) en forma de lágrima; un alojamiento de torre de limpieza (713); un eje principal (737); y un motor eléctrico (714) con una caja de engranajes (706);
 - d) el depurador de combustible con calor de gases de escape comprende por lo menos: un alojamiento principal (1004); un tubo de entrada (1003); una envoltura de metal de aislamiento dividida (1005); un orificio de salida de escape y un orificio de entrada de calor (1008 y 1009); una válvula de descarga (1010); un tanque de retención de descarga (1011); una bomba (1001); una válvula desviadora (1027); una tubería de ventilación (1013); un condensador (1015); un tanque de retención (1021); una válvula accionadora (1006); unos sensores (1016/1017); y una válvula de retención (1028);
 - e) el refinador de carbono comprende por lo menos: el tornillo de reactor inferior (107b) y una disposición de esclusa de aire con compuerta; una compuerta superior (1302); un tornillo sin fin de descarga de cenizas (404); una primera tolva (1303); un indicador de nivel (1304); un accionamiento (1305); una compuerta intermedia (1306); una tolva inferior (1307); una compuerta inferior (1308); un tornillo dosificador (1309) que gira en un eje de transmisión hueco (1310); unas aberturas de aire correspondientes; un conducto (1316); un soplador de quemador (1311); una cámara de combustión (1312); una llama piloto (1314); una abertura de descarga (1322); un accionamiento por motor (1317); una junta de prensaestopas (1318); una línea de ventilación (1319); un burbujeador de agua (1320); una fuente de vacío (1321); un tanque separador (1323); un interruptor de nivel (1325); un tornillo sin fin de elevación vertical (1328); una abertura (1329); unas aberturas (1330) en el tubo de elevación (1331); un condensador en línea (1334); un tornillo sin fin horizontal (1335); una primera esclusa de aire (1336); un ciclón (1338); una segunda esclusa de aire (1339); un soplador (1340); un escape (1346) en un filtro de manga (1341); y una tercera esclusa de aire (1343);
 - f) la torre de quemador de seguridad comprende por lo menos: una válvula de admisión (1701); una tubería (1702) una base de alojamiento de quemador de seguridad (1703) que presenta una cámara de burbujeador (1721); un soplador de modulación (1708); una tobera de Venturi (1707); una llama piloto (1714); una cámara de burbujeador (1719); que presenta una zona aislada (1711); un ordenador (1718); una chimenea (1709); una batería de reserva (1717); y un interruptor de nivel (1705).
2. Instalación de pirólisis según la reivindicación 1, caracterizada por que el alimentador calentado con gases de escape comprende asimismo unas sondas de temperatura (122); unos sensores de presión (120); un conjunto de cojinetes de casquillo (201); una placa frontal (203); y arandelas de latón (305).
3. Instalación de pirólisis según la reivindicación 1 o 2, caracterizada por que dicho alimentador de doble tornillo (102) comprende: los dos tornillos los cuales primeros tramos presentan unos diámetros constantes, aumentando esos diámetros en los segundos tramos y disminuyendo a continuación en los terceros tramos, y que presentan una sección de tramo inverso en dichos terceros tramos (117); una válvula (112); un conducto (113); una sección central aumentada de la sección aumentada (115).
4. Instalación de pirólisis según la reivindicación 1, caracterizada por que el quemador de gas dual (108) suministra aire caliente para calentar dicho alimentador de doble tornillo (102).

5. Instalación de pirólisis según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la instalación está protegida con un sistema de purga con nitrógeno (403).

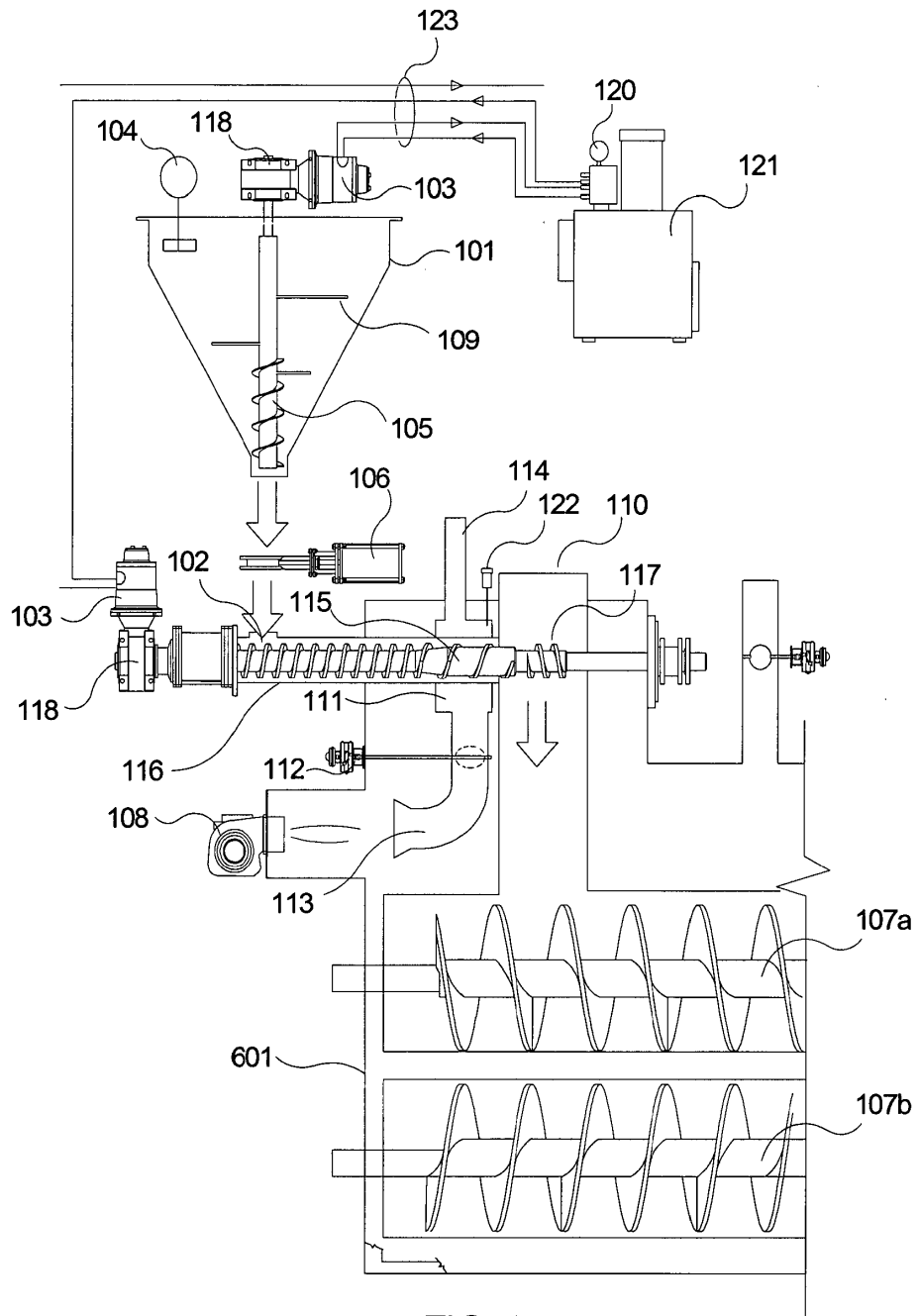


FIG. 1

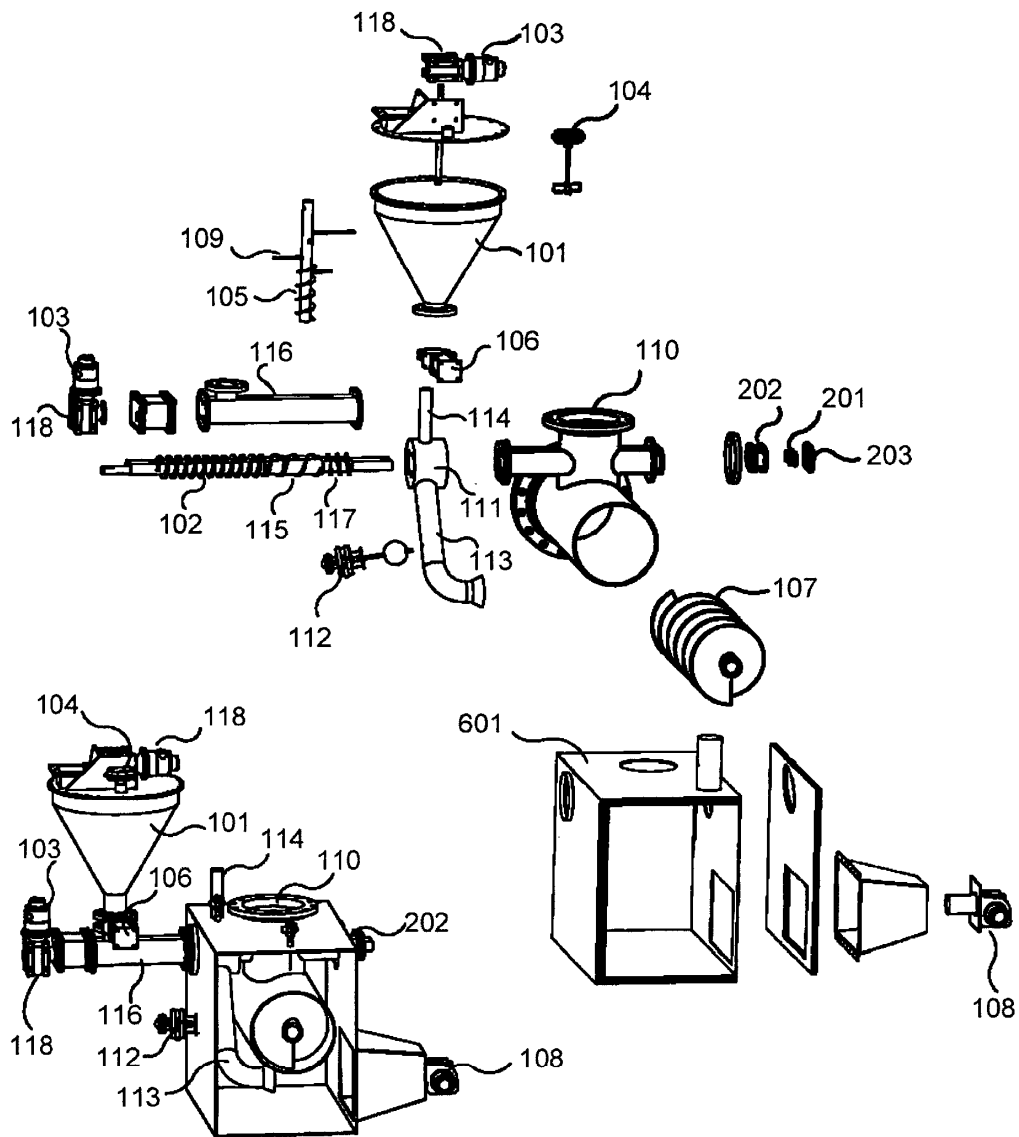


FIG. 2

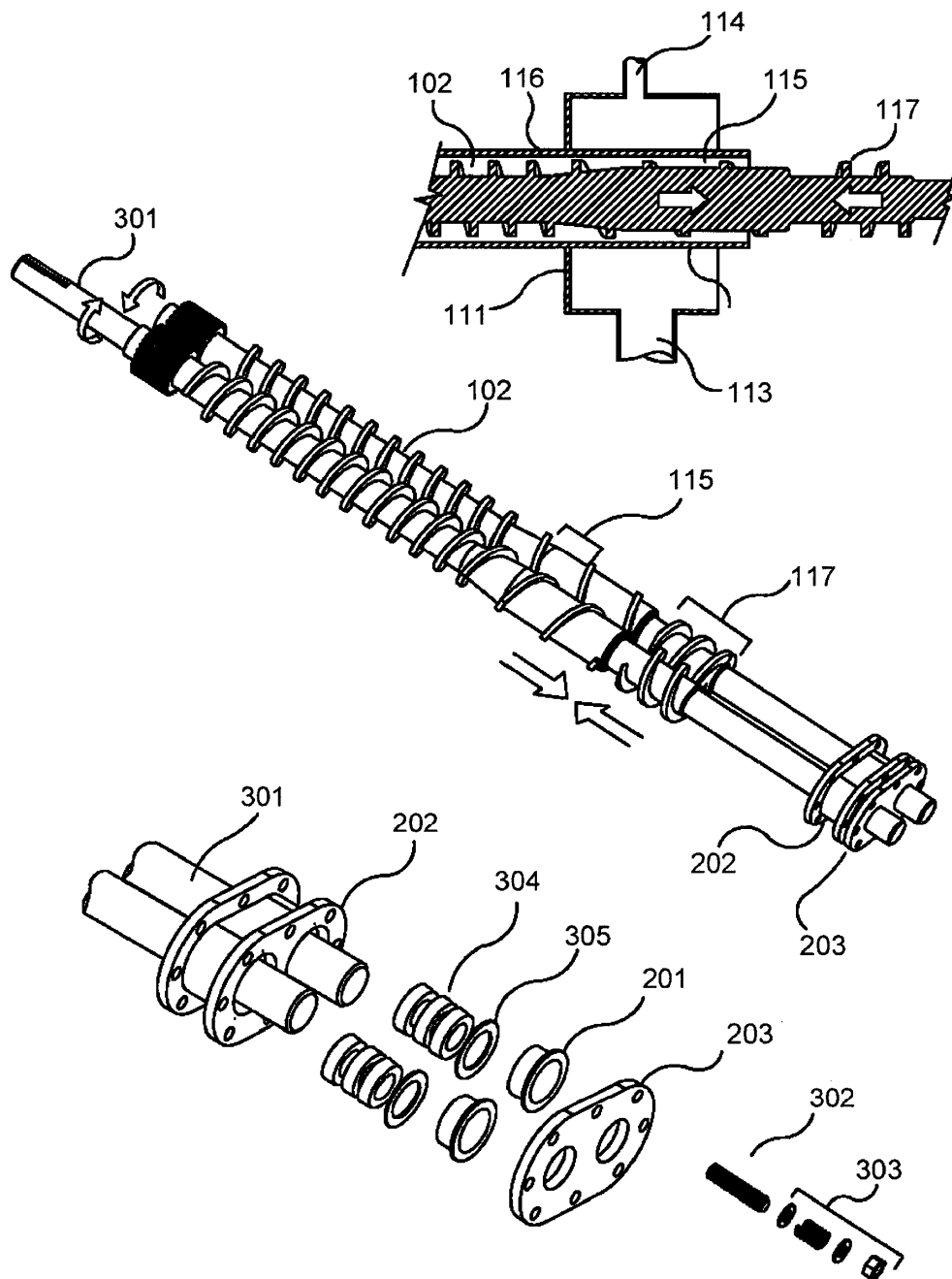


FIG. 3

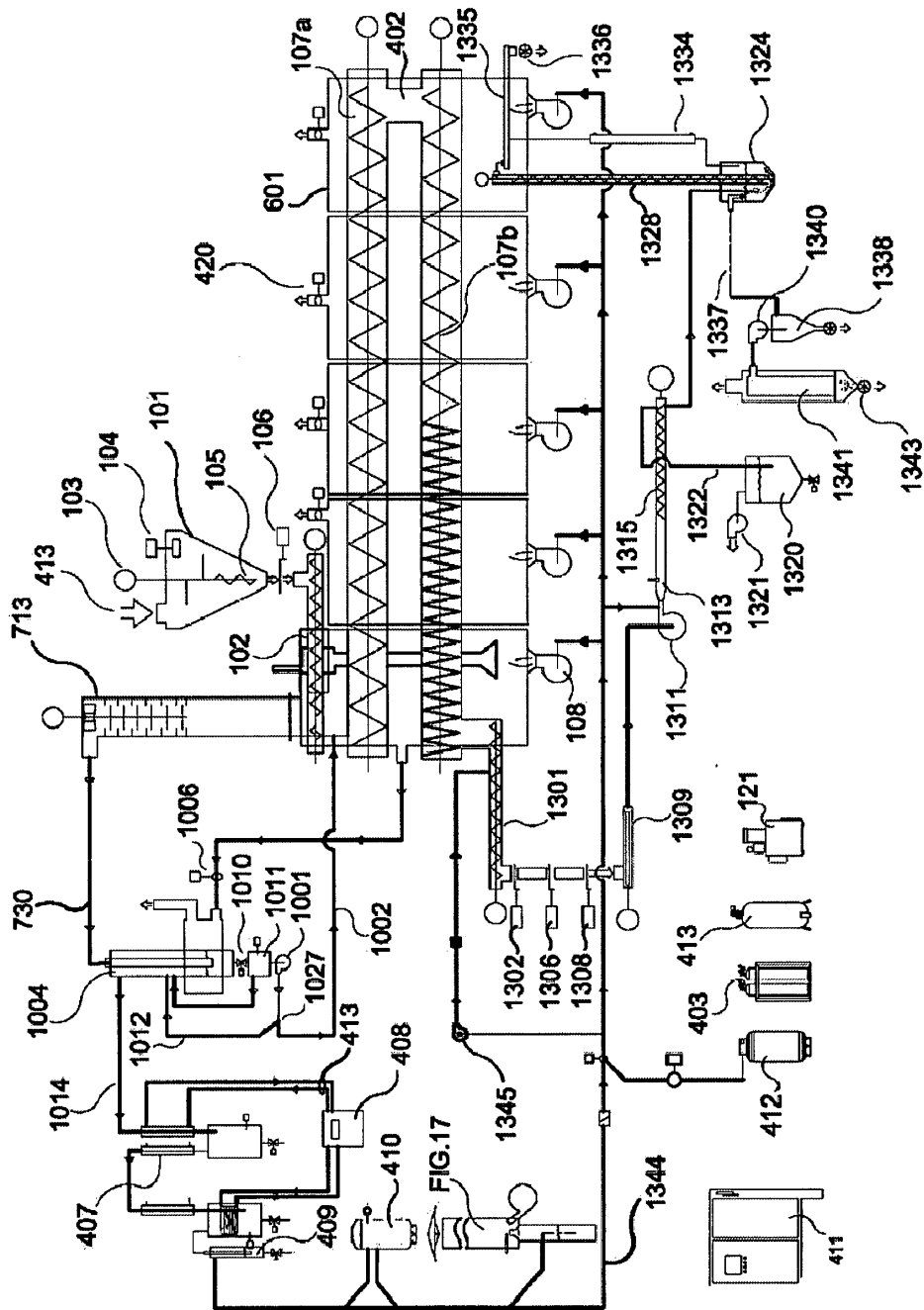
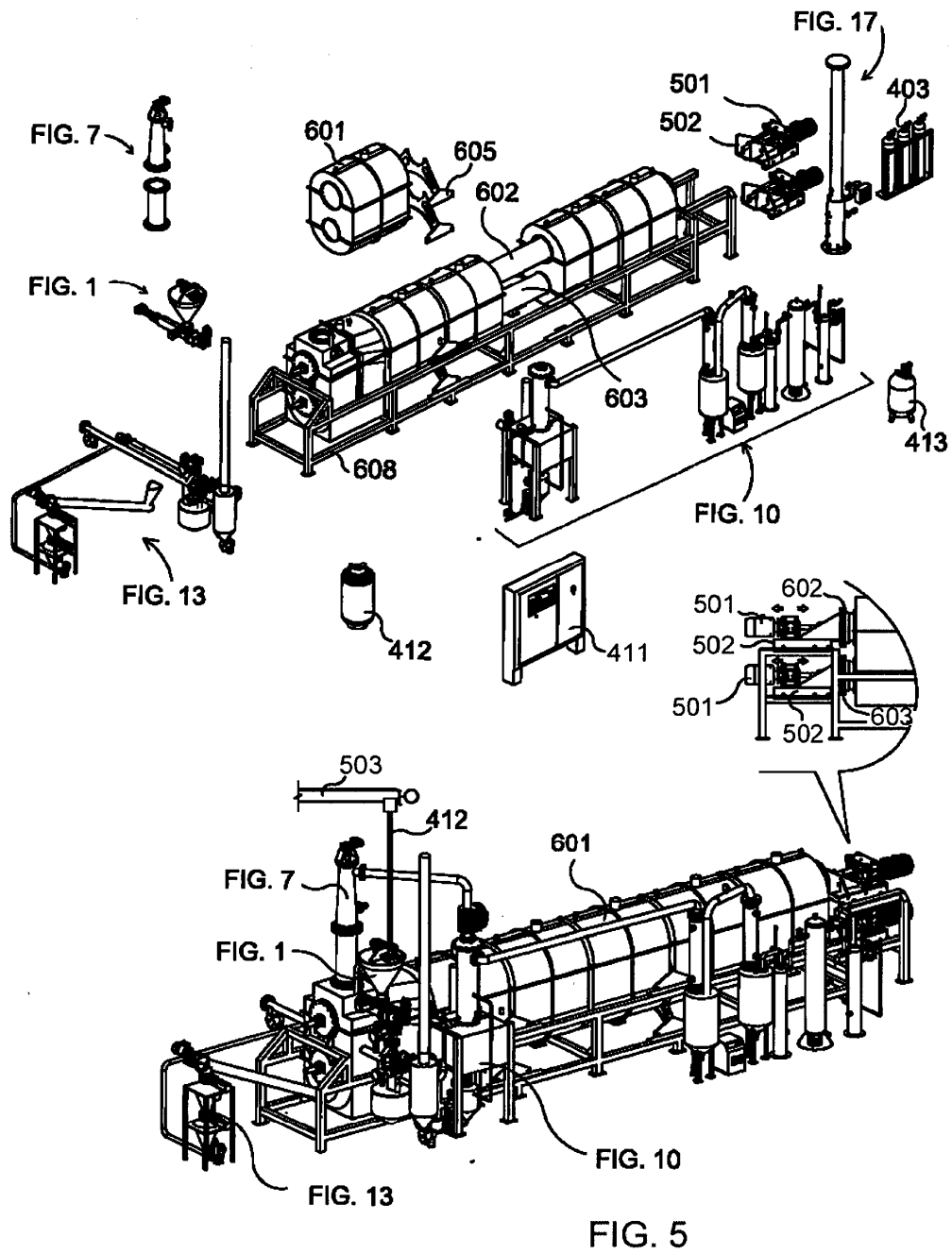


FIG. 4



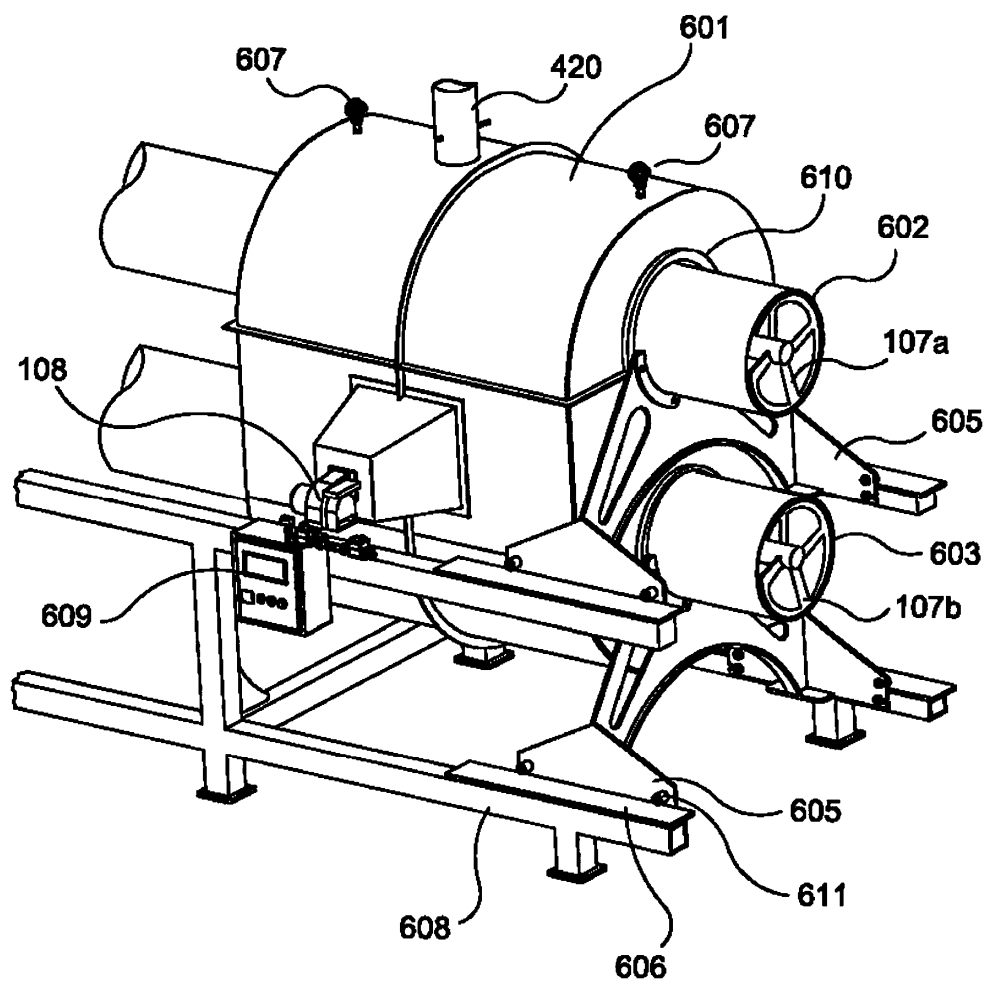


FIG. 6

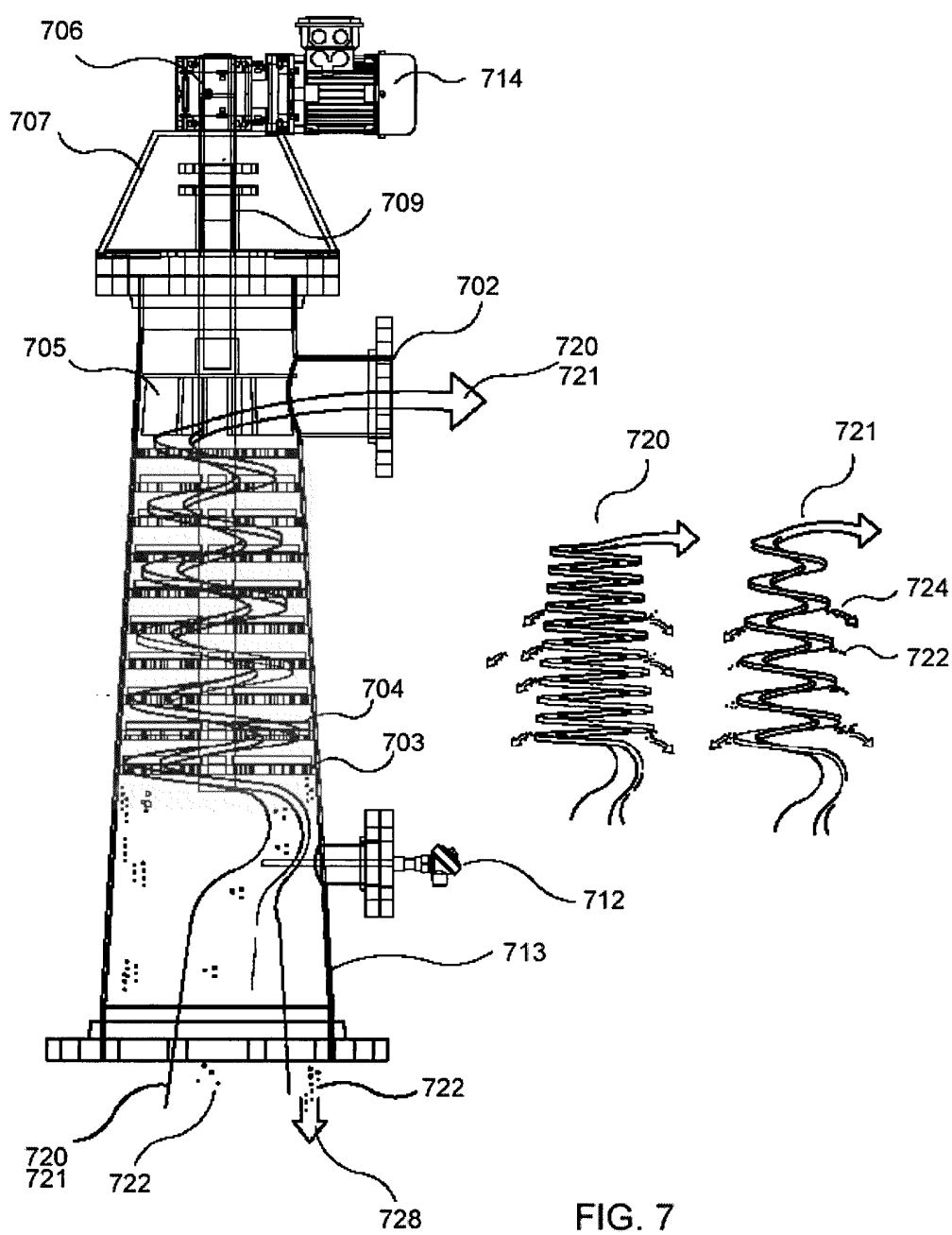


FIG. 7

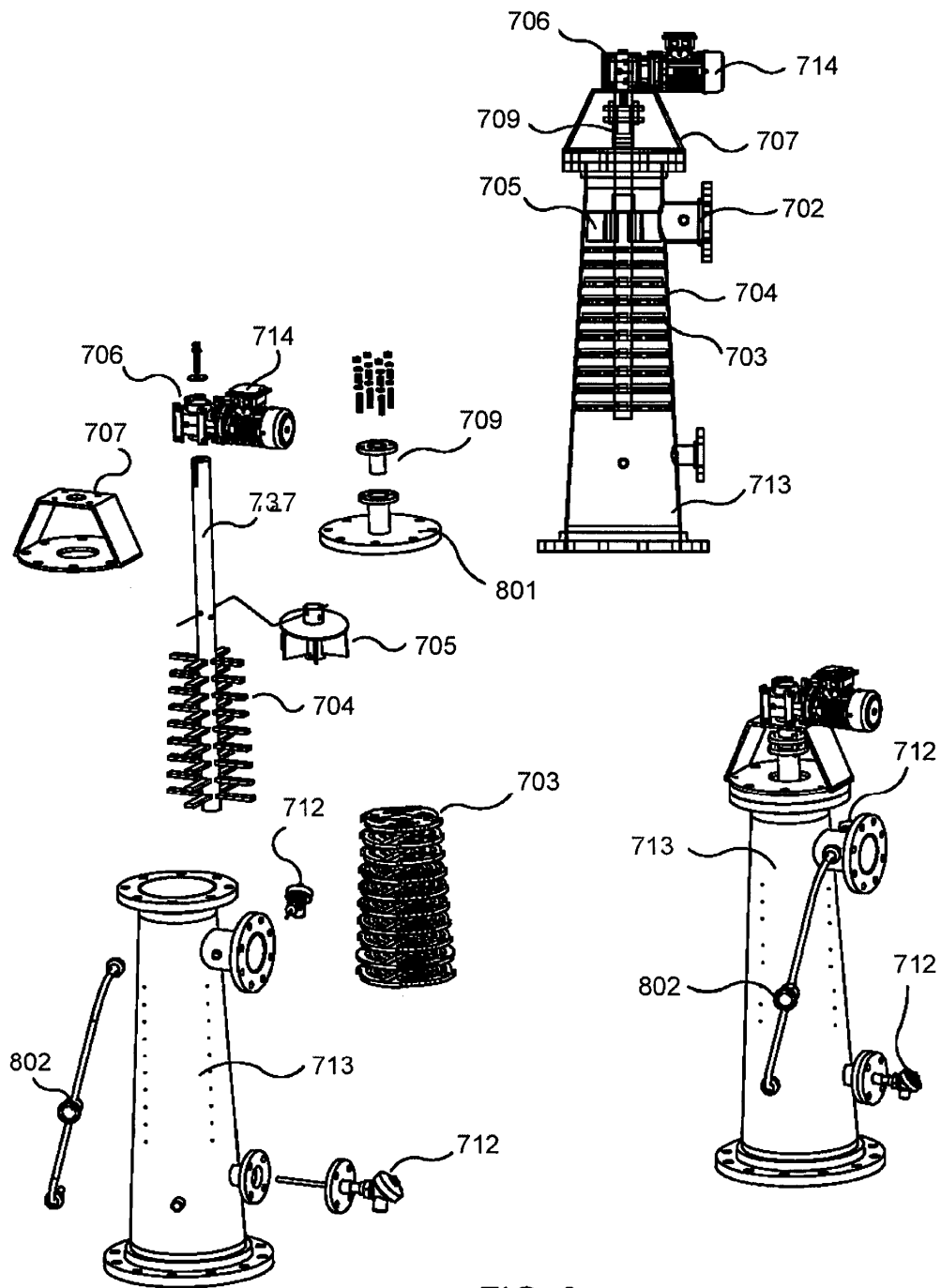


FIG. 8

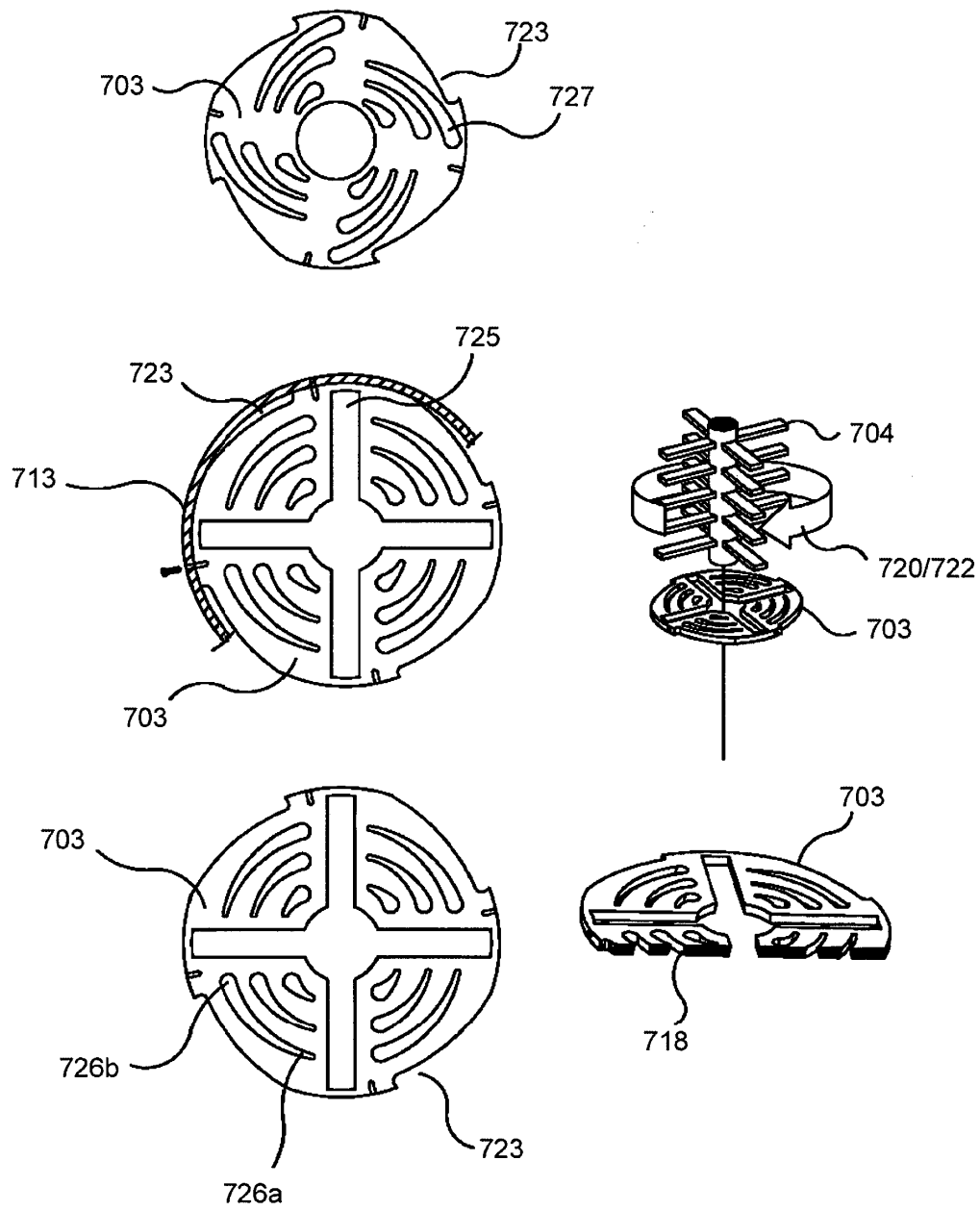


FIG. 9

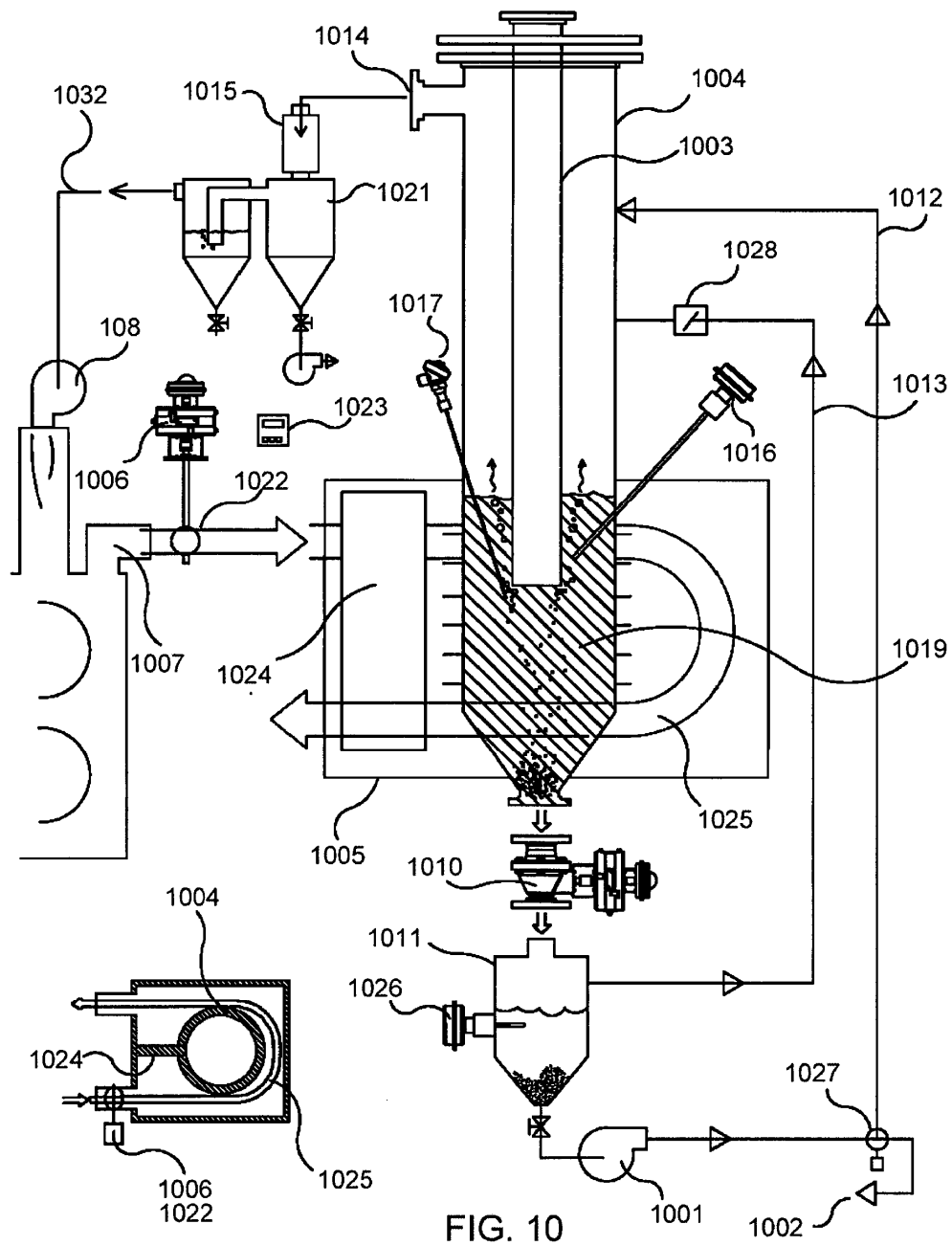


FIG. 10

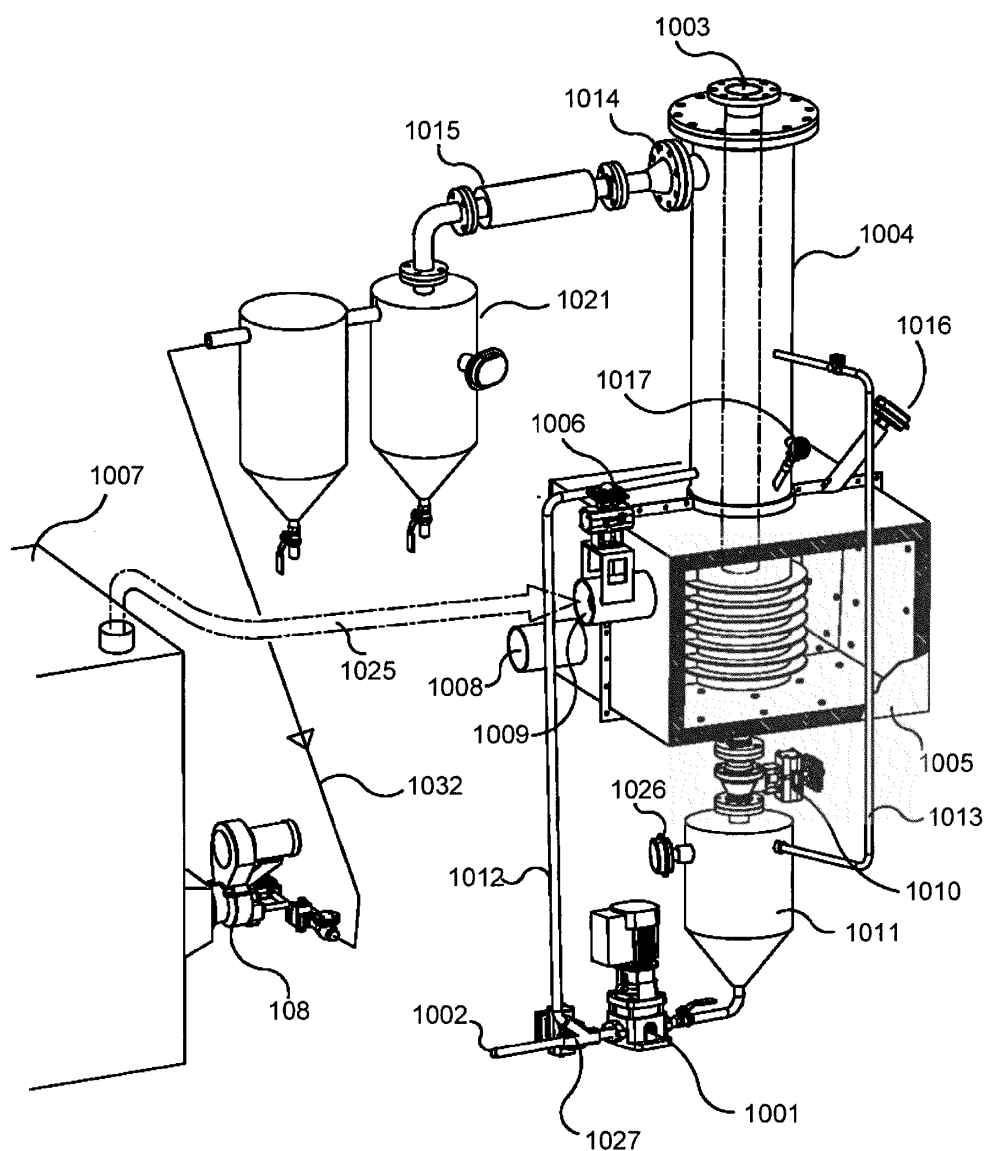


FIG. 11

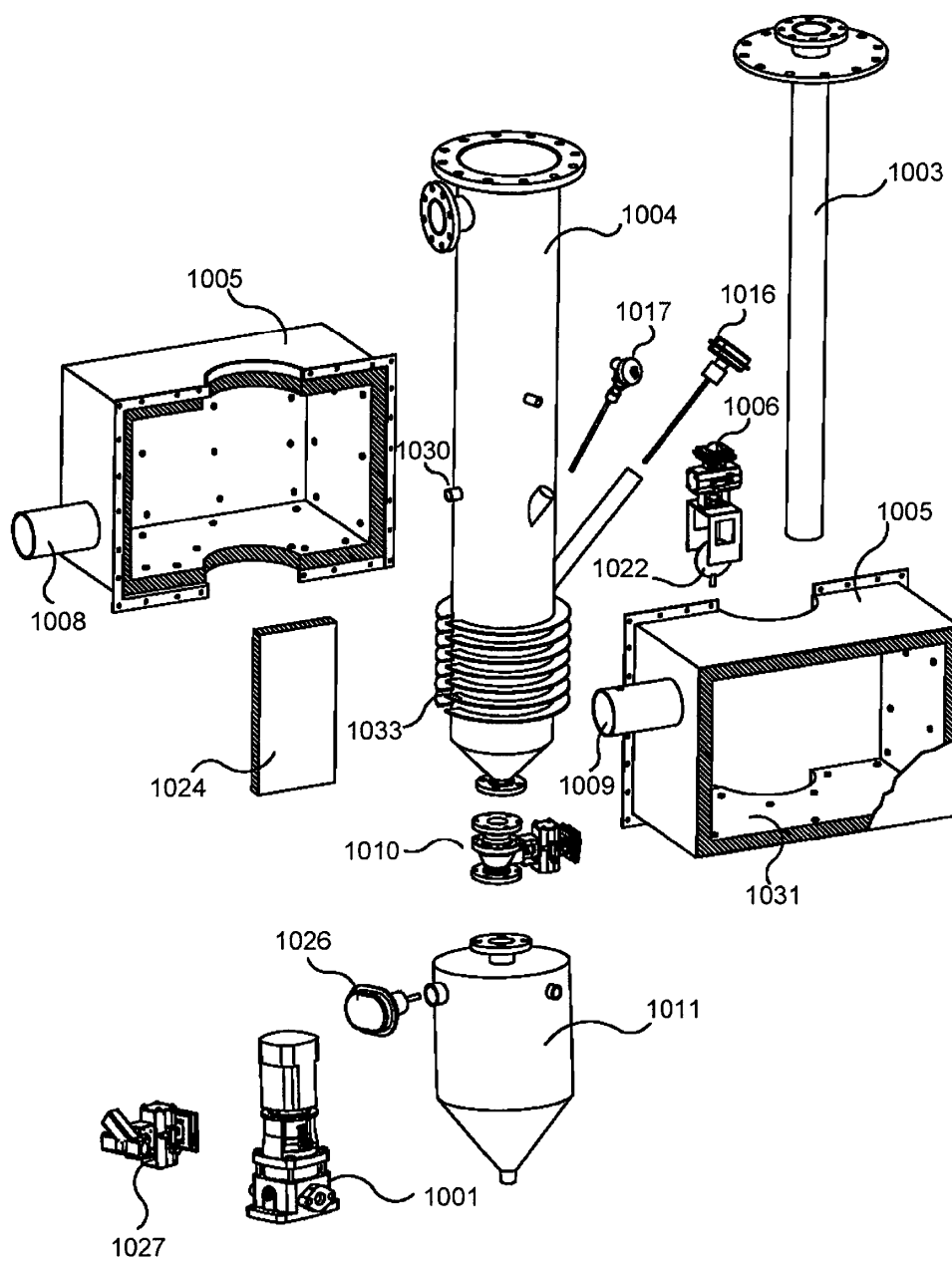


FIG. 12

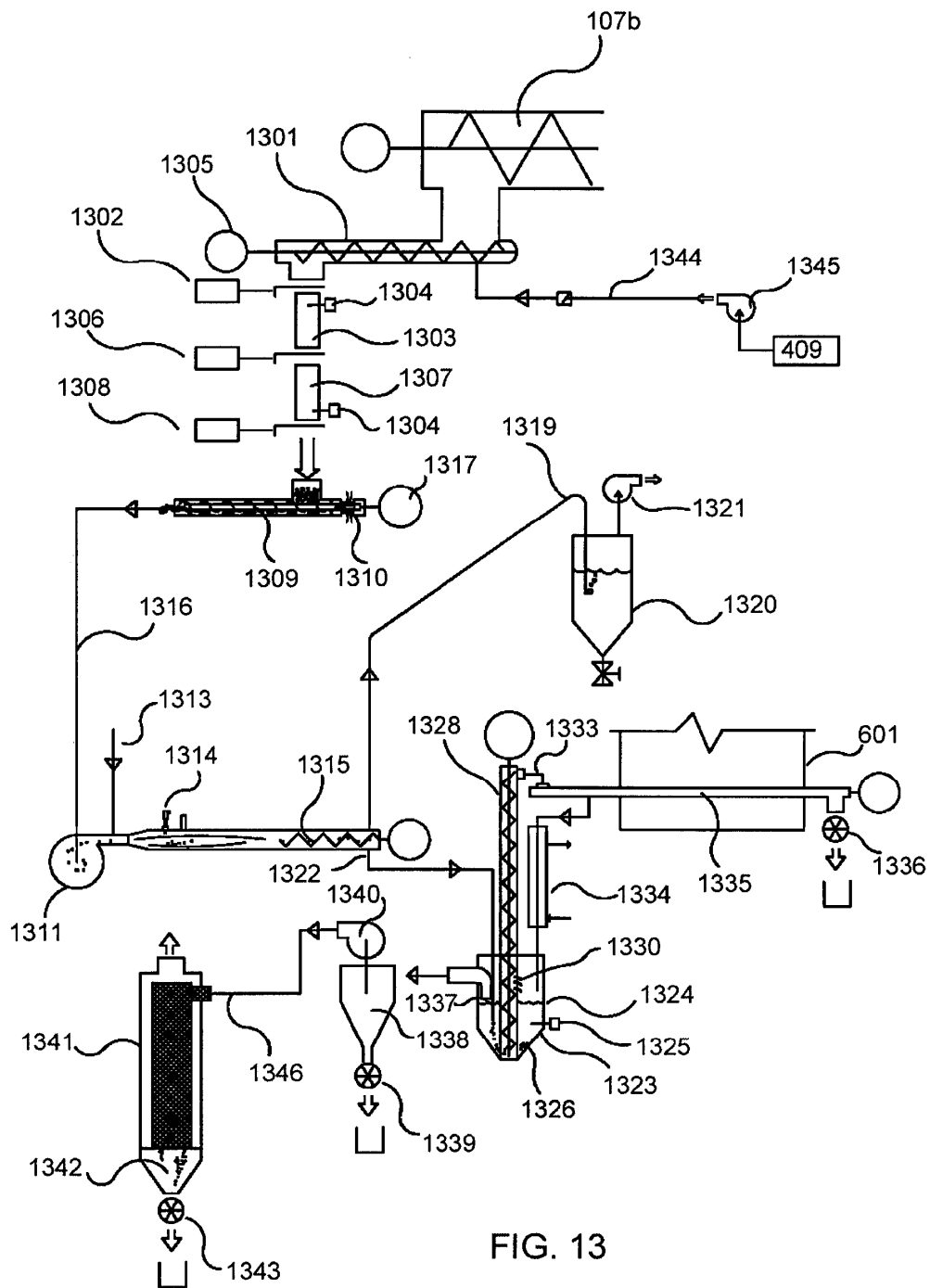


FIG. 13

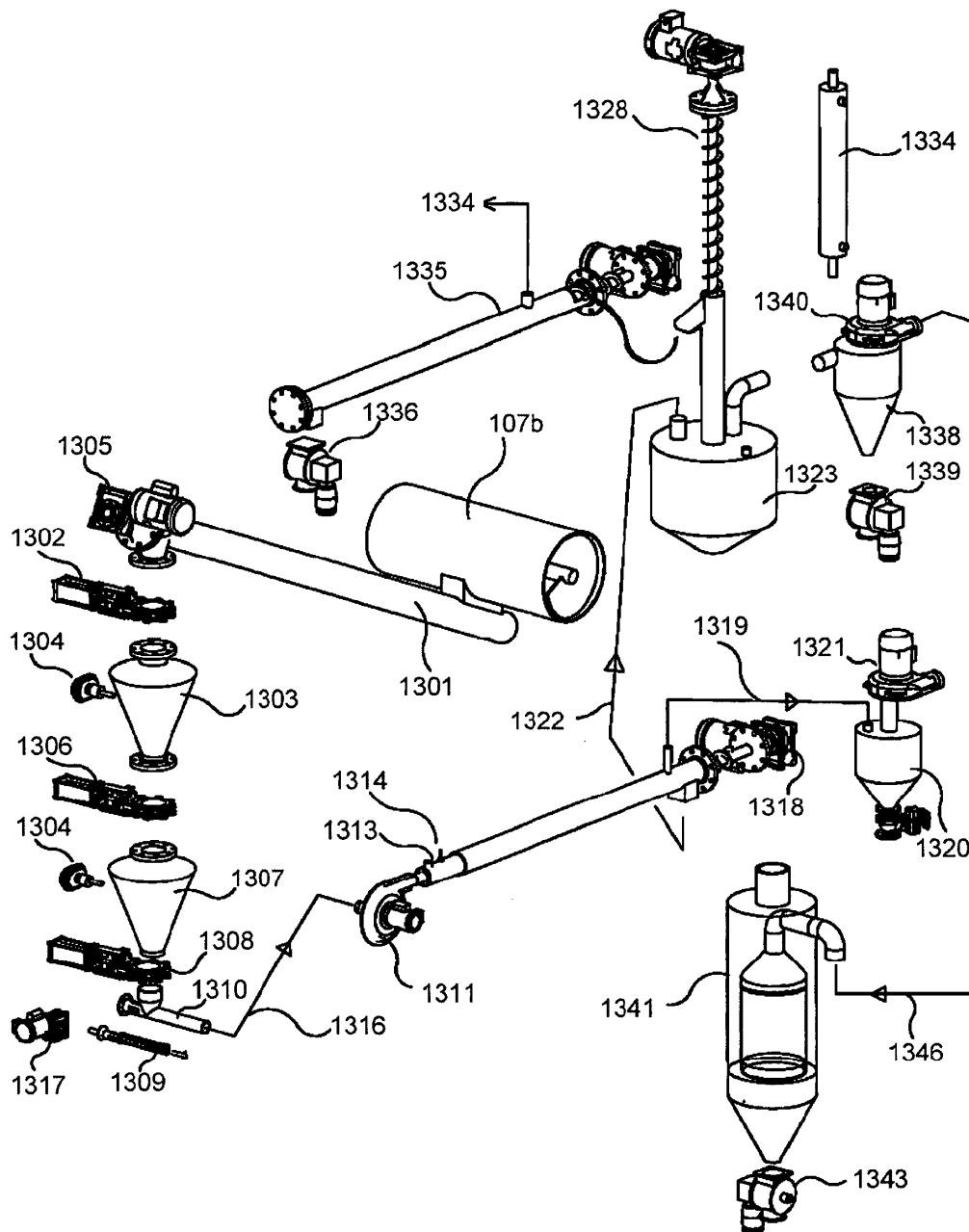


FIG. 14

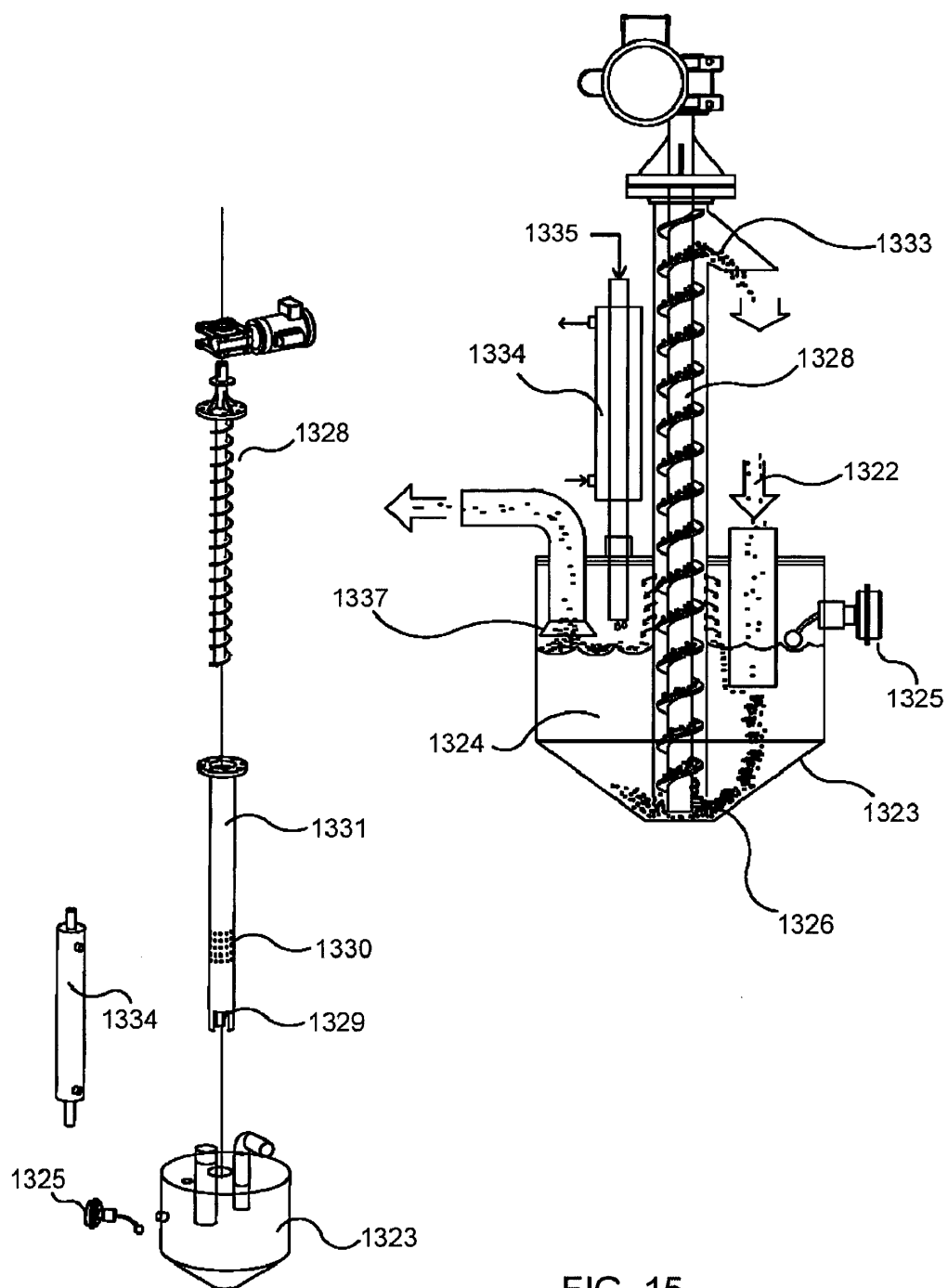


FIG. 15

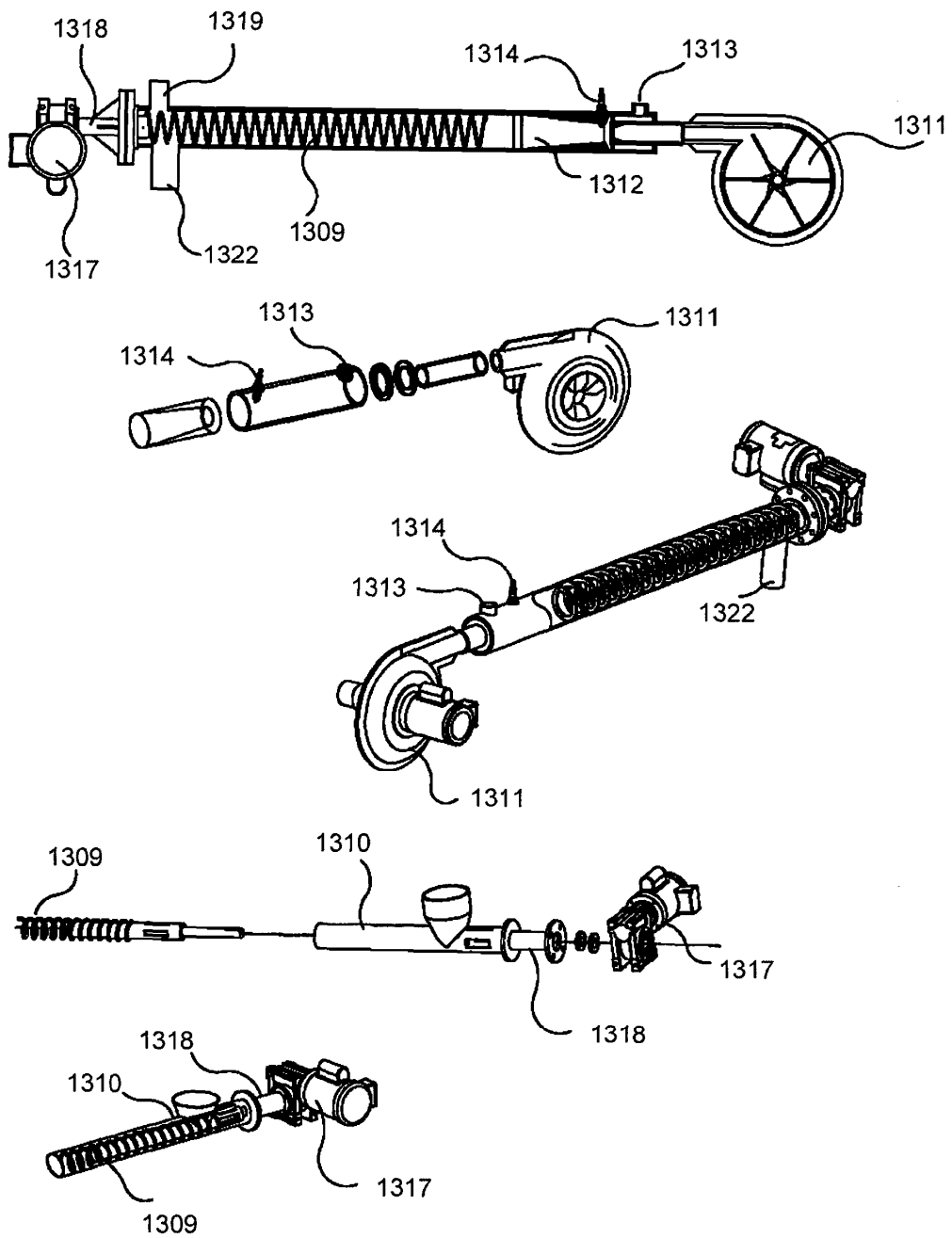


FIG. 16

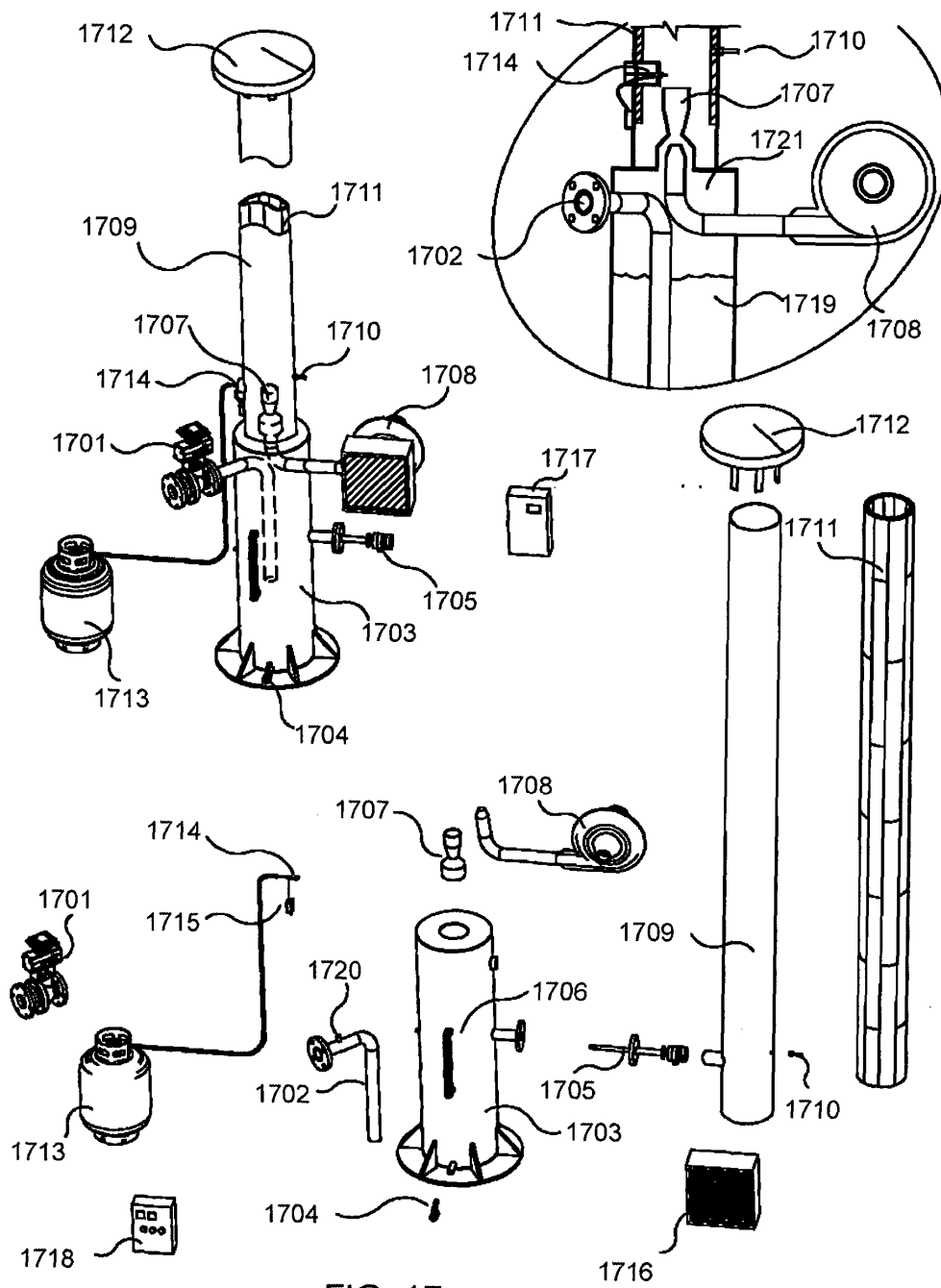


FIG. 17