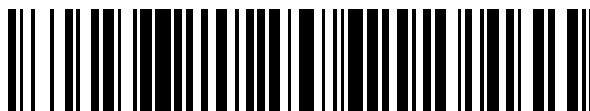


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 886**

51 Int. Cl.:

**B01J 8/00** (2006.01)

**B65G 53/24** (2006.01)

**B65G 69/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2013 E 13306506 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2868371**

54 Título: **Proceso para cargar material en partículas en un contenedor vertical estrecho**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.07.2017**

73 Titular/es:  
**PETROVAL (100.0%)  
Parc Econormandie Zone d'Activites  
Commerciales  
76430 Saint Romain de Colbosc, FR**

72 Inventor/es:  
**STANDER, ADRIAAN;  
GALASSINI, GIUSEPPE;  
GIRARD, OLIVIER y  
AUBIN, NICOLAS**

74 Agente/Representante:  
**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 621 886 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

Proceso para cargar material en partículas en un contenedor vertical estrecho

La presente invención se refiere a un proceso para cargar material en partículas en uno o más contenedores verticales estrechos.

- 5 El proceso de la presente invención es particularmente adecuado para cargar partículas de catalizador en los tubos de reactor orientados verticalmente, tales como los encontrados en las unidades de producción de hidrógeno.

10 Varios procesos de refinado y petroquímicos requieren que sus inventarios de catalizadores estén contenidos dentro de una multitud de tubos de diámetro relativamente pequeño, en vez de como un lecho único en una gran vasija de reactor. Esta disposición es impuesta normalmente por la cinética de reacción específica y los requerimientos de intercambio de calor para un servicio particular, y resulta en una configuración de reactor donde muchos tubos estrechos orientados verticalmente están contenidos en un gran recinto.

15 La más común de dichas unidades son los hornos reformadores para la producción de hidrógeno, los cuales se usan extensivamente tanto en la industria de refinado como en la petroquímica. Dichas unidades reformadoras contienen un gran número (hasta varios cientos) de tubos estrechos verticales, encerrados en una o más celdas. Cada tubo tendrá un diámetro interior que varía normalmente desde los 75 mm hasta los 125 mm, o incluso mayor en algunas aplicaciones, aunque un tamaño normal está alrededor de los 100 mm. Las longitudes verticales de los tubos será normalmente de alrededor de 10 metros, aunque se pueden usar también tubos más largos de hasta 13 metros o más largos.

20 Las partículas de catalizador que requieren ser cargadas dentro de dichos tubos, son producidas generalmente como de igual tamaño y de idéntica forma cilíndrica, con varias características superficiales y/o agujeros axiales para aumentar la superficie expuesta para mejorar tanto la reacción como la transferencia de calor. Dichas partículas son producidas normalmente de un material de base cerámica, posteriormente impregnado con componentes metálicos reactivos tales como el óxido de níquel y otros. Dichas partículas varían en tamaño y forma entre los diferentes proveedores de catalizadores, el servicio previsto y las condiciones del proceso. Sus características dimensionales (diámetro y longitud) se miden generalmente en milímetros. Una partícula de catalizador normal puede tener un diámetro así como una longitud de alrededor de 12 -16 mm, pero se pueden encontrar tanto tamaños mayores como menores.

25 Cuando se llena un tubo de reactor vacío con partículas de catalizador, hay importantes consideraciones con respecto a la calidad y eficacia del proceso de carga, de las cuales las tres principales son:

- 30 - El proceso de carga debe evitar la rotura de las partículas de catalizador. Tal rotura dará como resultado en particular un aumento de la caída de presión durante la operación, que afecta a las prestaciones del proceso.
- El proceso de carga debe ser tan rápido como práctico. Un tiempo de inactividad prolongado para el cambio del catalizador puede resultar en sanciones financieras muy considerables debidas a la producción perdida.
- 35 - Cuando se usan una multitud de tubos en el proceso, la densidad cargada de los diferentes tubos debe ser homogénea, para asegurar un descenso de presión igual sobre todos los tubos. Esto se requiere para asegurar la igual partición de la alimentación a todos los tubos, que depende de la simetría para alcanzar flujos iguales y así un rendimiento térmico y catalizador igual para todos los tubos.

40 Alcanzar todos estos objetivos plantea un severo problema práctico cuando se realiza una operación de carga. El simple vertido del catalizador dentro de la parte superior de los tubos dará como resultado la aceleración de cada partícula bajo la fuerza de la gravedad y el aumento de la velocidad de caída vertical a lo largo de la longitud del tubo. Teniendo en cuenta la longitud de los tubos, esto dará como resultado un inaceptable impacto de alta velocidad en la parte inferior del tubo, bien en la estructura de soporte inferior en el caso de un tubo vacío, o en la superficie del lecho del catalizador en el caso de un tubo parcialmente cargado. Este problema está presente para la mayor parte de la longitud del tubo, y sólo se invalida una vez que el tubo está suficientemente lleno como para reducir la altura de caída restante a menos de aproximadamente 2 metros.

45 El concepto inicial para evitar el impacto de alta velocidad de la caída libre, era bajar en el tubo, mediante un cable o similar, cantidades pequeñas discretas de catalizador encerrado dentro de un contenedor. Sólo se permite descargar el catalizador de este contenedor una vez que ha alcanzado la parte inferior. La Patente US 3,562,998 describe tal método, que usa una media flexible con una apertura inferior doblada. La Patente US 3,778,962 describe un método alternativo que usa un contenedor rígido con una tapa sellada con bisagras en la abertura inferior, la cual se mantiene sellada mediante un vacío dentro del contenedor. Una vez que el contenedor ha alcanzado la parte inferior, se libera el vacío de dentro del contenedor permitiendo a la tapa sellada ceder y descargar el catalizador.

50 A pesar de que estos métodos alcanzaban el objetivo de evitar la caída libre de partículas, eran muy ineficientes con respecto tanto a la duración de la carga, así como a la homogeneidad de las densidades cargadas.

El siguiente concepto para la carga de material en partículas en un tubo vertical implicaba usar unos medios mecánicos para reducir la velocidad de caída. Bajo este concepto, se inserta algún dispositivo dentro del tubo, sustancialmente sobre su longitud total, que crea una serie de obstrucciones físicas normalmente a igual distancia para la partícula que cae. Las partículas de catalizador se vierten en la parte superior del tubo, pero antes de que puedan alcanzar una velocidad de caída demasiado alta, encuentran e impactan en una de dichas obstrucciones físicas. De esta manera, se reduce la velocidad de caída, de una manera inteligente por etapas, sobre la longitud total.

Varios métodos, esencialmente diferentes sólo en el diseño del dispositivo de obstrucción, se han descrito usando este concepto, por ejemplo las patentes US 3,608,751, US, 4,077,530, EP 0548 999 y CA 2 534 865.

A pesar de que estos métodos representan una mejora significativa sobre los métodos de contenedores usados previamente, notablemente con respecto a la calidad y velocidad de carga, aún tienen inconvenientes inherentes. En primer lugar, un dispositivo mecánico tiene que ser insertado en el tubo, y después ser retraído según progresa la operación de carga. En segundo lugar, la velocidad de retracción de dicho dispositivo mecánico se debe hacer corresponder de cerca a la tasa a la cual aumenta el nivel del inventario de catalizador cargado dentro del tubo. Cualquier variación entre estas dos velocidades dará como resultado, o bien que la parte inferior del dispositivo sea atrapada e integrada dentro de la capa de catalizador, o bien que la parte inferior del dispositivo se mueva progresivamente más lejos de la superficie de impacto, creando una distancia de caída libre demasiado alta.

Un tercer inconveniente es que las partículas de catalizador tienen que impactar físicamente en las obstrucciones del dispositivo para ser desaceleradas, con el potencial de dañar al dispositivo y el desgaste gradual de las partículas de catalizador.

Versiones semi-automatizadas de dispositivos que usan este concepto se describen en las patentes US 7,309,201 y EP 2 191 889. En virtud de la reducción del alcance del control manual del proceso de carga, estos dispositivos alcanzan unas densidades cargadas más homogéneas, pero aún sufren de los mismos inconvenientes con respecto a la interacción entre las partículas de catalizador y el dispositivo desacelerador, tanto con respecto al potencial de rotura, como al requerimiento de hacer corresponder la velocidad de retracción a la tasa de carga.

El concepto más reciente que ha de ser usado para evitar las altas velocidades de caídas, es inducir un flujo ascendente de un gas a contracorriente, generalmente aire, dentro del tubo. Las partículas que caen así encuentran esta corriente de gas ascendente, que ejerce sobre las partículas una fuerza resistiva llamada resistencia aerodinámica, ralentizándolas de este modo a una velocidad de caída adecuadamente baja para evitar la rotura tras el impacto sobre la superficie de la capa de catalizador. Para implementar este concepto, se requiere encontrar un método de suministro del gas a la parte inferior del tubo, u otra manera de crear el flujo ascendente de gas.

Un fortuito beneficio secundario del concepto del uso de una contracorriente de gas se refiere al efecto en cualquier polvo o piezas más pequeñas de catalizador roto que pueden estar presentes en el grueso del catalizador como entregadas desde el suministrador. Estas piezas rotas más pequeñas y el polvo tendrán una velocidad terminal muy reducida, por debajo de la velocidad de flujo ascendente del aire, y como tal no serán capaces de caer en el tubo sino que serán transportados hacia arriba y fuera del contenedor y así no estarán presentes en el lecho. Dicho polvo y piezas rotas tienen un efecto perjudicial en el rendimiento del lecho del catalizador.

El primer intento de usar este concepto fue descrito en la patente GB 1 081 873, pero era poco práctico para su uso en las plantas existentes ya que requería la instalación permanente, durante la construcción inicial del reactor, de un tubo fijo bajo el centro del tubo, para servir como el conducto para suministrar el aire a la parte inferior del tubo.

Para evitar la necesidad de la instalación de dicho tubo permanente suministrador de aire, los procesos posteriores se enfocaron en el uso de un conducto suministrador de aire temporal que se instala antes del comienzo del proceso de carga, y se retrae según progresa la operación de carga, en la misma manera que los dispositivos mecánicos de la generación anterior.

La patente RU 2180265 describe un método a través del cual el conducto para suministrar el aire a la parte inferior del tubo es una manguera flexible o similar, que se baja en el tubo en el comienzo del proceso de carga, y después se retira gradualmente según se llena el tubo. Se sopla aire comprimido a la parte inferior del tubo a través de esta manguera flexible, y escapa del tubo a través del área anular entre la pared del tubo y la manguera, así crea el flujo de aire hacia arriba requerido en dicha área anular. La naturaleza y tamaño del equipo usado, especialmente el tambor de recuperación para retraer y almacenar la manguera flexible, hacen este método poco práctico para su uso en la mayoría de las unidades, ya que el espacio de trabajo en la parte superior de los tubos está normalmente muy limitado. Además tiene dos inconvenientes técnicos: requiere un control muy cuidadoso, sin ningún método fiable de monitorización, para mantener la tasa de recuperación de la manguera flexible coincidente con la tasa a la que el tubo está siendo llenado. Además, la presencia de la manguera a lo largo de la línea central del tubo reduce el diámetro del flujo libre en sección transversal del tubo que ha de ser cargado en más de la mitad, aumentando así la tendencia a crear bloqueos en el área anular durante el proceso de carga. Para reducir el riesgo de tales bloqueos, la tasa de carga necesita ser reducida a menos del 50% de lo que sería posible sin dicha reducción en el diámetro. Este dispositivo también crea un riesgo sanitario significativo para el personal que lo hace funcionar, ya

que el aire que escapa en la parte superior del tubo lleva consigo una nube de polvo cancerígeno procedente del catalizador que es cargado.

5 El método descrito en la patente RU 2180265 sufre de una restricción adicional porque el extremo inferior del conducto suministrador de aire requiere ser mantenido a una distancia, normalmente de 500 a 1000 mm, sobre la superficie del lecho del catalizador, para evitar que resulte atrapado en el lecho según aumente el nivel cargado. Ya que el flujo de aire sale del conducto en su extremo inferior y luego inmediatamente asciende en el área anular, existe un volumen estancado entre el extremo inferior del conducto y la superficie del lecho donde no hay flujo de aire ascendente, y por tanto ningún efecto en las partículas de catalizador que caen.

10 La presente invención pretende proporcionar un proceso mejorado, que permita la carga de material en partículas en una vasija o contenedor vertical estrecho, y supera los inconvenientes de los procesos de la técnica anterior.

15 La presente invención por lo tanto se refiere a un proceso para cargar material en partículas en al menos un contenedor vertical estrecho que tiene un diámetro interno de a lo sumo 300 mm y que tiene una abertura al exterior en su parte inferior, que comprende la inducción de un flujo ascendente de aire a través de dicho contenedor, y la carga de dicho material en partículas en el contenedor desde la parte superior del mismo de tal manera que dicho material en partículas cae hacia abajo a modo de contracorriente a dicho flujo ascendente de aire, caracterizado por que ningún dispositivo físico o conducto suministrador de aire está presente dentro de la sección interior del contenedor que ha de ser llenado cuando se carga el material en partículas, y dicho aire ascendente es alimentado desde la abertura inferior del contenedor y es inducido mediante la succión de aire desde la parte superior del contenedor usando un sistema de vacío.

20 Según la invención, se crea un flujo ascendente de aire desde la parte inferior a la parte superior de la parte interior del contenedor que necesita ser llenado con el material en partículas, lo cual ralentiza las partículas que caen a una velocidad que es suficientemente baja para evitar cualquier rotura de las mismas en el momento del impacto en la parte inferior del contenedor o en la superficie del catalizador para un contenedor parcialmente cargado.

25 Según la invención, el aire ascendente es alimentado desde la abertura del contenedor. Dicha abertura normalmente es una rejilla de soporte en la cual se carga el lecho del catalizador. Cuando el contenedor resulta progresivamente cargado, el aire ascendente entra al contenedor a través de dicha abertura inferior, y fluye hacia arriba a través de la parte ya cargada del lecho del catalizador.

30 Mediante la regulación de la velocidad del flujo ascendente del aire, se puede controlar la fuerza de la resistencia en las partículas que caen hasta el punto de impacto en la rejilla de soporte en la parte inferior del contenedor o en la superficie del catalizador para un contenedor parcialmente cargado, sin ningún volumen estancado por encima del punto de impacto. Bajo estas condiciones la velocidad de descenso neta de las partículas se relaciona al contenedor, y así se puede controlar la velocidad de impacto sobre la longitud total del tubo. Esto resulta en un control muy preciso para alcanzar una densidad cargada homogénea sobre la longitud de un tubo individual así como entre diferentes tubos, y así alcanzar el descenso de presión homogéneo deseable sobre todos los tubos.

35 En oposición a las técnicas usadas en la técnica anterior, en la presente invención no se introduce ningún dispositivo mecánico en el contenedor durante las operaciones de carga, ni para ralentizar físicamente las partículas que caen ni para suministrar aire en la vasija ni para cualquier otro propósito tal como controlar en nivel de carga. La presente invención permite así la superación de otro inconveniente de los procesos descritos en la técnica anterior.

40 En particular, la ausencia de cualquier físico dentro del contenedor evita el riesgo de bloqueo durante la carga, el cual está presente en la técnica anterior debido al reducido diámetro de la sección transversal. Así, la presente invención permite una tasa de carga significativamente aumentada, con una reducción correspondiente en la duración total de carga.

45 Además, en la presente invención el flujo ascendente de aire está presente hasta el punto de impacto en el lecho del catalizador, sin ningún volumen estancado inmediatamente encima del lecho. Esto tiene un beneficio significativo sobre los dispositivos usados en la técnica anterior, ya que la presente invención con el aire fluyendo a través del lecho eliminará cualquier polvo o pequeñas piezas, normalmente referidas como virutas, que se crean durante el impacto. Esta eliminación de polvo y virutas del lecho cargado dará como resultado una disminución en la caída de presión a través del lecho, lo que es beneficioso para las prestaciones del proceso. La presencia del volumen estancado para los dispositivos usados en la técnica anterior significa que dichos dispositivos sólo pueden eliminar polvo y piezas rotas que puedan estar presentes en el catalizador según es entregado, pero no el polvo y las virutas creadas durante el impacto.

50 Según la invención, la velocidad de impacto de las partículas se controla ventajosamente en un valor que evita la rotura de las mismas.

55 Según una realización preferida, la velocidad de impacto de las partículas permanece en un valor medio que oscila desde 1 m/s a 10 m/s, preferiblemente desde 3 m/s a 8 m/s, e incluso más preferiblemente desde 4 m/s a 6 m/s.

Preferiblemente, se controla la velocidad media de impacto para que permanezca en un valor constante durante toda la operación de carga, esto es, sobre la longitud total del tubo, para asegurar una densidad cargada homogénea.

- 5 El valor de la velocidad de impacto de una partícula que cae es el valor de la velocidad de caída alcanzada por dicha partícula cuando alcanza bien la parte inferior del contenedor o bien el lecho de las partículas ya cargadas. La velocidad anterior se expresa con relación al contenedor (y no con relación al flujo ascendente de aire).

La velocidad de impacto de las partículas se controla mediante el control de la velocidad del flujo ascendente del aire. Este control de velocidad del flujo ascendente se alcanza mediante el control del flujo de aire que sale del contenedor a través de dispositivos adecuados tales como válvulas.

- 10 Preferiblemente, el aire es succionado desde la parte superior del contenedor, lo que significa que se conecta un sistema de vacío a la salida superior del contenedor.

- 15 Para establecer un flujo ascendente de aire en el contenedor, la parte inferior del mismo necesita tener una entrada de aire tal como un punto de conexión al proceso, como normalmente está presente en todos los reactores tubulares comerciales. Dicha apertura se cubre normalmente con una rejilla de soporte en la cual se carga el material en partículas.

Para obtener la velocidad de impacto requerida, se debe calcular el caudal ascendente requerido de aire. Éste depende en particular de las dimensiones del contenedor, específicamente el diámetro interior; las características aerodinámicas de las partículas; las condiciones del aire ascendente, específicamente la presión y temperatura; y la altura de caída restante después de contar la cantidad de partículas ya cargadas.

- 20 Según progresa la carga del contenedor, cambiarán dos parámetros en particular. En primer lugar, según aumenta la altura del lecho, disminuye la altura de la caída restante. En segundo lugar, según aumenta la altura del lecho, el descenso de presión a través del mismo también aumenta para el aire que fluye dentro desde la abertura inferior. Como resultado, la presión dentro del contenedor disminuirá, resultando en una disminución de la densidad del aire. Esto requerirá que el caudal ascendente de aire debe ser controlado y adaptado a lo largo del tiempo y en una base
- 25 continua, según progresa el llenado del contenedor, para mantener la velocidad de impacto de las partículas en el valor objetivo.

El flujo ascendente de aire se controla mediante el control de la cantidad de aire que se permite fluir al sistema de vacío.

- 30 Este control preciso de la velocidad de impacto de las partículas durante la carga tiene varias ventajas. Como se explicó anteriormente, impide la rotura de las partículas. Además permite alcanzar una homogeneidad mejorada de la densidad del lecho de material en partículas a todo lo largo de la longitud del contenedor.

En el caso de carga de un reactor, permite controlar precisamente la densidad cargada total del lecho de partículas de catalizador, y por lo tanto el descenso de presión a través de dicho lecho.

- 35 Finalmente, en el caso de un proceso que usa una pluralidad de contenedores de catalizadores tales como tubos en paralelo, permite alcanzar una densidad cargada en el lecho idéntica en todos los tubos, y así un descenso de la presión similar a través de todos los tubos, lo que es particularmente importante porque asegura una partición igual de la corriente de alimentación a todos los tubos, para alcanzar flujos iguales en todos los tubos y así un rendimiento térmico y catalítico igual de todos los tubos.

- 40 El sistema usado para cargar el material en partículas en la parte superior del contenedor puede ser cualquiera convencional, siempre que permita controlar y vigilar el caudal de las partículas suministradas al contenedor.

Según una realización preferida de la invención, la cantidad de partículas suministradas al contenedor a lo largo del tiempo se controla y mide de una manera muy precisa, mediante el uso de un dispositivo de medición de flujo de catalizador. Dicho dispositivo puede estar basado por ejemplo en luz interrumpida, radar, inducción o cualquier tecnología adecuada.

- 45 Usar dicho sistema de conteo de las partículas permite alcanzar un control incluso más preciso de la velocidad de impacto de dichas partículas, ya que permite durante las operaciones de carga calcular con exactitud a lo largo del tiempo la altura del lecho de partículas ya cargadas en el contenedor, y así la altura de caída restante desde la entrada superior.

- 50 El proceso de la presente invención se puede usar en todos los campos técnicos, en todos los casos en los que al menos un contenedor o vasija estrecho vertical de tamaño relativamente largo necesita ser llenado con partículas de un material que es probable que se rompa debido al impacto en una superficie dura bajo condiciones de caída libre gravitacional.

Por “estrecho”, se entiende un contenedor tal como un tubo de reactor que tiene un diámetro interno de a lo sumo 300 mm, preferiblemente menor de 200 mm, y más preferiblemente que oscila desde 50 mm a 150 mm.

Preferiblemente, el contenedor tiene forma cilíndrica, tal como un tubo.

Tiene normalmente una altura que oscila desde 5 a 15 m.

- 5 El proceso es normalmente adecuado para cargar partículas de catalizador en uno o varios tubos de reactor, en particular en los campos de la (petro) química y refinado de petróleo.

Por lo tanto, según una realización preferida, el material en partículas comprende partículas de catalizador, y al menos dicho contenedor consta de uno o más tubos de reactor verticales estrechos usados en un proceso químico, petroquímico o de refinado de petróleo.

- 10 Según una realización particularmente preferida, al menos dicho contenedor consiste de una pluralidad de tubos reactores verticales encerrados en una cabina de horno encendida, la cual es coherente con un horno reformador de vapor/gas típico usado para la producción de hidrógeno.

La invención se ilustrará además ahora en una realización no limitativa, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- 15 La Figura 1 ilustra un ejemplo preferido de implementación del proceso de la invención, en el caso de carga de partículas de catalizador en un contenedor vertical estrecho tal como un tubo reformador.

La Figura 2 ilustra otro ejemplo preferido de implementación, en el caso en que la parte principal del tubo tenga un diámetro mayor que la parte de la entrada superior del mismo.

- 20 La Figura 1 muestra un tubo 1 de reactor estrecho vertical, que se conecta a través del conducto 2 a un sistema de vacío de potencia adecuada no mostrado.

El sistema de vacío succiona aire desde la parte superior del tubo 1 de reactor, creando así un flujo ascendente de aire desde la parte inferior a la parte superior del tubo 1 de reactor, lo cual se muestra mediante las flechas negras de puntos.

- 25 De una manera conocida per se, la parte inferior del tubo 1 de reactor se abre a la atmósfera a través de un colector, con una rejilla de soporte del catalizador no mostrada, que permite al aire entrar en la parte inferior del tubo de reactor, y fluir desde la parte inferior a la parte superior del tubo de reactor.

El caudal de aire se ajusta usando una válvula 3 de control del flujo de aire la cual es controlada por el sistema 4 informático de control de proceso.

El caudal requerido es calculado por el sistema 4 informático de proceso basado en particular en:

- 30 a) La forma y tamaños del tubo 1 de reactor, en particular el diámetro;
- b) Las características aerodinámicas del tipo de catalizador que se carga;
- c) Las condiciones del flujo ascendente de aire – la presión y temperatura del aire ascendente afectarán a su densidad, y así a la resistencia que impondrá en las partículas que caen;
- 35 d) La altura de caída restante – según se llena el tubo, la altura de caída disminuirá, y se requerirá una menor resistencia para que las partículas impacten con una velocidad constante;
- e) La velocidad de impacto requerida.

Un sistema 5 de medición de flujo de aire tal como un caudalímetro, permite la vigilancia del caudal de aire efectivo que sale del reactor, y comunica esta información al sistema 4 informático de control.

- 40 Algunos diseños de reactores tubulares tienen una tubería 6 de entrada lateral tal como una entrada de alimentación, que requerirá ser enchufada para asegurar que todo el flujo de aire está subiendo a través del propio tubo 1 reformador de reactor.

Las partículas 7 de catalizador, que han de ser cargadas dentro del tubo 1 de reactor son alimentadas desde la tolva 8 de suministro de catalizador, a través de un dispositivo 9 de control de flujo catalizador y después a través del conducto 16.

- 45 El dispositivo 9 de control de flujo de catalizador se puede configurar manualmente o se puede controlar por un sistema 4 informático, para dar la tasa de suministro de catalizador apropiada.

Un dispositivo 10 de medición de flujo de catalizador, basado por ejemplo en luz interrumpida, radar, inducción o cualquier tecnología adecuada, se sitúa justo por encima del punto donde se introduce el catalizador en el tubo 1 del reactor.

5 Este dispositivo 10 de flujo pasa la señal al ordenador 4 de control de proceso para integrar a lo largo del tiempo la cantidad de catalizador cargado, para permitir al ordenador 4 calcular la altura del lecho cargado, y así la altura de caída restante. Este cálculo depende de un coeficiente de calibración que relaciona el número de partículas de catalizador a la altura vertical cargada, que debe ser introducido manualmente en el ordenador antes de que la carga haya comenzado. El coeficiente de calibración puede ser perfectamente preciso, o no. Cuando el coeficiente no es perfectamente preciso, éste puede en particular ser moderado cada vez que se mide el corte por unos medios más precisos tales como una medición 11 electrónica de corte o una medición física mediante medios de cinta de inmersión como se describe a continuación.

10 Un dispositivo 11 electrónico de medición de corte, basado en láser, radar o ultrasonidos, se puede instalar en la parte superior del sistema de carga de catalizador, y se usa periódicamente para comprobar el corte. Preferentemente, se interrumpe brevemente el flujo de catalizador para permitir la medición. Debido a la continua extracción de aire, el espacio vacío por encima del lecho de partículas 7 de catalizador cargadas en la parte inferior del tubo de reactor estará en gran medida libre de polvo, lo cual facilitará el uso de un dispositivo de medición de distancia.

15 Además, se puede prever una abertura 12 sellada para permitir que una cinta de inmersión tradicional sea dejada caer dentro para una comprobación física del corte. El flujo de aire se debe interrumpir para este tipo de medición.

20 Cuando es necesario añadir más catalizador a la tolva 8 de suministro de catalizador, éste se puede añadir de manera ventajosa a través de la tolva 13 de composición de catalizador, a través de la válvula de corredera 14 de transferencia.

25 Durante la operación de carga, la tolva 8 de suministro de catalizador debe ser sellada adecuadamente, ya que en la configuración descrita en la Figura 1 todos los sistemas de carga operan bajo vacío. Si hubiera una válvula de corredera 14 de transferencia debe ser cerrada entonces.

Todo el sistema de carga se sellado adecuadamente sobre el tubo 1 de reactor, usando los medios 15.

Usando el dispositivo descrito en la Figura 1, las partículas 7 de catalizador se cargan en el tubo 1 de reactor a contracorriente con un flujo ascendente de aire controlado inducido por el vacío y vigilado por el sistema 4 informático.

30 La Figura 2 muestra la implementación de la invención en un tubo 1' de reactor vertical que tiene un diseño donde el tubo principal que contiene el catalizador tiene un diámetro mayor que la sección de la entrada superior. El dispositivo como se describió anteriormente no se puede usar para la carga de dicho reactor, ya que para tener una velocidad de aire ascendente adecuada en la sección del tubo principal, la velocidad a través de la sección superior más estrecha será demasiado alta para permitir que las partículas de catalizador fluyan hacia abajo de esta sección.

35 El sistema de la invención se puede adaptar para acomodar estos tipos de tubos, mediante el desplazamiento del punto de entrada de aire hacia debajo de la sección superior más estrecha. Esto se puede hacer teniendo una disposición de doble tubo como se muestra en la Figura 2, con el catalizador fluyendo hacia abajo dentro del tubo interior hecho por el conducto 16', y aire fluyendo hacia arriba en el espacio anular entre el conducto 16' y la sección superior más estrecha del reactor 1'.

40 En esta configuración, no hay flujo de aire en el conducto 16'. El catalizador cae a través del conducto 16' sólo bajo la influencia de la gravedad, y experimentará la resistencia hacia arriba del aire ascendente sólo una vez que entre en la sección más ancha del reactor 1'.

45 La configuración correspondiente se ilustra en la Figura 2, en la cual sólo se muestra la sección cambiada con respecto a la Figura 1, siendo omitidas las secciones de control del flujo de aire y suministro de catalizador (similares a aquellas de la Figura 1).

Por supuesto, el proceso de la presente invención se puede implementar en contenedores verticales estrechos de todos los tipos y configuraciones, y un experto en la técnica puede acomodar fácilmente la disposición particular necesaria de los dispositivos para acomodar todos los tipos de configuraciones particulares.

50

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un proceso para cargar material (7) en partículas en al menos un contenedor (1, 1') vertical estrecho que tiene un diámetro interno de a lo sumo 300 mm y que tiene una abertura al exterior en su parte inferior, el cual comprende la inducción de un flujo ascendente de aire a través de dicho contenedor, y la carga de dicho material en partículas en el contenedor desde la parte superior del mismo de tal manera que dicho material en partículas cae hacia abajo a contracorriente con dicho flujo ascendente de aire, caracterizado por que ningún dispositivo físico o conducto de suministro de aire está presente dentro de la sección interior del contenedor (1, 1') que ha de ser llenado cuando se carga el material en partículas, y dicho aire ascendente es alimentado desde la abertura inferior del contenedor y es inducido mediante la succión de aire desde la parte superior del contenedor usando un sistema de vacío.
- 10 2. El proceso de la reivindicación 1, en donde el aire se succiona desde la parte superior del contenedor, usando un sistema de vacío que se conecta a la salida superior del contenedor.
3. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en donde el flujo ascendente de aire inducido a través del contenedor (1, 1') durante la carga del material en partículas se controla durante toda la operación de carga, para mantener la velocidad de impacto de las partículas constante.
- 15 4. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en donde el flujo ascendente de aire inducido a través del contenedor (1, 1') durante la carga del material en partículas se controla durante toda la operación de carga, para mantener la velocidad de impacto de las partículas en un valor medio que oscila desde 1 m/s a 10 m/s, preferiblemente desde 3 m/s a 8 m/s, e incluso más preferiblemente desde 4 m/s a 6 m/s.
- 20 5. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en donde la cantidad de partículas suministradas al contenedor a lo largo del tiempo se controla y mide de una manera precisa, mediante el uso de un dispositivo de medición de flujo de catalizador.
6. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en donde el contenedor tiene una forma cilíndrica, tal como un tubo.
- 25 7. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en donde el contenedor tiene un diámetro interno de menos de 200 mm, y más preferiblemente que oscila desde 50 mm a 150 mm.
8. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en donde el contenedor tiene una altura que oscila desde 5 a 15 m.
- 30 9. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en donde el material en partículas comprende partículas de catalizador, y al menos dicho contenedor consiste de uno o más tubos de reactor verticales estrechos usados en un proceso químico, petroquímico o de refinado de petróleo.
10. El proceso de cualquier reivindicación precedente, en donde al menos dicho contenedor consiste en una pluralidad de tubos de reactor verticales en un horno reformador de vapor/gas, para la producción de hidrógeno.

35

40



**FIG.1**

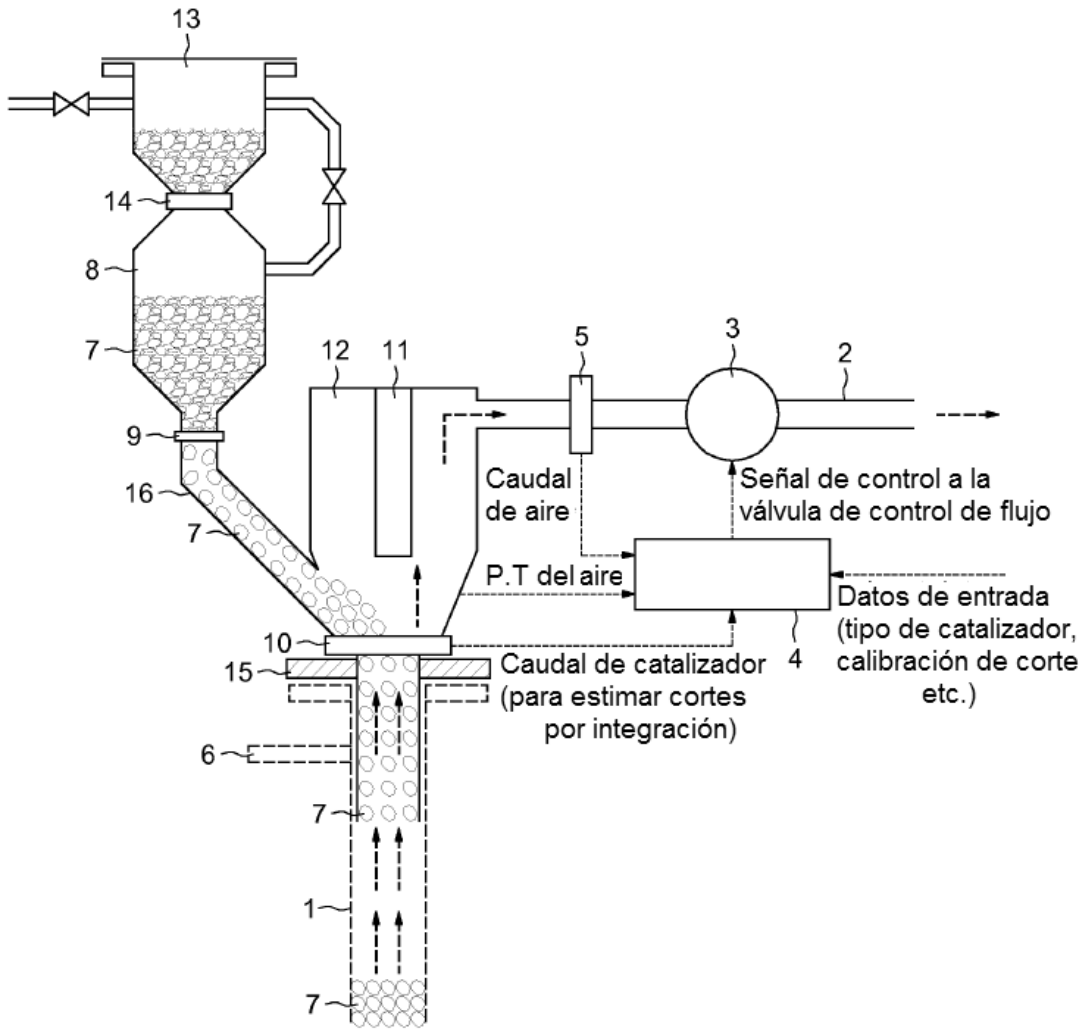


FIG.2

