

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 945**

21 Número de solicitud: 201490090

51 Int. Cl.:

B01J 38/18 (2006.01)

B01J 38/20 (2006.01)

B01J 38/34 (2006.01)

B01J 38/42 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

27.02.2013

30 Prioridad:

20.03.2012 US 13/424911

43 Fecha de publicación de la solicitud:

16.01.2015

71 Solicitantes:

**UOP LLC (100.0%)
25 East Algonquin Road P.O. Box 5017
60017-5017 Des Plaines IL Illinois US**

72 Inventor/es:

**EGOLF, Bryan J.;
LEONARD, Laura E. y
CARACOTSIOS, Michael**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

54 Título: **Potencia mejorada de combustión de coque con catalizador para un proceso de deshidrogenación de parafinas ligeras**

57 Resumen:

Un proceso para una regeneración continua de un catalizador donde la sección de regeneración incluye al menos dos zonas separadas. La regeneración incluye una zona de combustión superior, y una zona de combustión inferior, donde el proceso utiliza al menos dos bucles de gas de regeneración independientes para controlar la cantidad de oxígeno para regenerar el catalizador. La zona de combustión superior puede estar dividida en múltiples zonas, y la zona de combustión puede estar dividida en múltiples zonas.

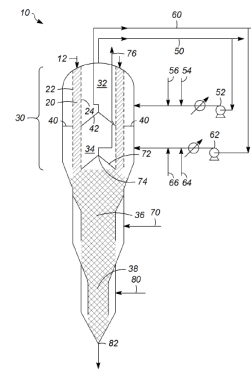


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

Potencia mejorada de combustión de coque con catalizador para un proceso de deshidrogenación de parafinas ligeras

5 **Declaración de prioridad**

Esta solicitud reivindica prioridad respecto a la Solicitud de Estados Unidos N° 13/424.911 que se presentó el 20 de marzo de 2012.

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a procesos para la conversión de una corriente de alimentación de hidrocarburo en productos de hidrocarburo útiles. En particular, la invención se refiere a la regeneración continua de catalizador agotado para su reutilización en el proceso de conversión de hidrocarburo.

Antecedentes de la invención

15 Los hidrocarburos, y en particular petróleo, se producen a partir de la tierra como una mezcla. Esta mezcla se convierte en productos útiles por separación y procesamiento de las corrientes en reactores. La conversión de las corrientes de hidrocarburo en productos útiles a menudo se realiza a través de un proceso catalítico en un reactor. Los catalizadores pueden ser sólidos o líquidos, y pueden comprender materiales catalíticos sobre un soporte. En particular, se usan exhaustivamente metales catalíticos sobre un soporte sólido. Los metales catalíticos incluyen
20 metales del grupo del platino, así como otros metales. Durante el procesamiento de los hidrocarburos, los catalizadores se desactivan con el tiempo. Una de las causas principales de desactivación es la formación y depósito de coque sobre el catalizador. La acumulación de coque bloquea el acceso a los sitios catalíticos en el catalizador, y el acceso a los poros dentro del catalizador. La regeneración del catalizador normalmente se realiza por retirada del coque, donde
25 el coque se quema a alta temperatura con un gas que tiene oxígeno. Estos procesos pueden realizarse ya sea de una manera continua, con el catalizador realizando un ciclo a través del reactor y el regenerador, o el proceso puede realizarse de una manera semi-continua, tal como con múltiples lechos fijos, donde la corriente se desvía de un lecho para regenerar el catalizador, mientras los otros lechos continúan con la operación.

30 Con el proceso de regeneración continuo, se hace pasar continuamente un gas de reciclado a la zona de combustión en el regenerador y se retira un gas de escape que contiene los productos de combustión. El proceso de combustión se controla por el contenido de oxígeno en el gas de

reciclado. La corriente de gas de reciclado comprende una parte del gas de escape, y una corriente adicional de gas de combustión nuevo, mientras se purga otra parte del gas de escape del regenerador. Esto ayuda a mantener la temperatura del gas de combustión, así como a establecer una condición de estado estacionario de adición continua de catalizador agotado y gas de combustión al regenerador, mientras se extrae continuamente catalizador regenerado y gas de escape.

Los métodos de regeneración de catalizador se describen en el documento US 5.053.371 de Williamson, y US 6.048.814 de Capelle, et al. para retirar el coque de las partículas de catalizador por combustión. El proceso de combustión puede dañar el catalizador, y son importantes mejores métodos de control del proceso de combustión para mejorar la vida útil del catalizador en el ciclo de reactor-regenerador. Producir un mejor proceso permitiría realizar más ciclos del catalizador a través del regenerador, y aumentaría la vida útil del catalizador. Esto puede conseguirse mediante mejoras en el proceso y el control del regenerador.

Compendio de la invención

La presente invención proporciona un proceso mejorado para la regeneración de un catalizador de deshidrogenación. El proceso incluye hacer pasar una corriente de catalizador agotado a una primera etapa en un reactor regenerador. El regenerador tiene una zona de quema superior, y una zona de quema inferior. El catalizador se trata en un primer conjunto de condiciones de combustión con un primer gas de regeneración, dentro de la primera etapa y, de esta manera, generando una corriente de catalizador intermedia. La corriente de catalizador intermedia se hace pasar a una segunda etapa en el regenerador, donde el catalizador se trata en un segundo conjunto de condiciones de combustión con una primera parte de un segundo gas de regeneración y, de esta manera, generando una segunda corriente de catalizador intermedia. La segunda corriente de catalizador intermedia se hace pasar a una tercera etapa en el regenerador, donde el catalizador se trata en un tercer conjunto de condiciones de combustión con una segunda parte del segundo gas de regeneración, generando de esta manera una corriente de catalizador regenerado. La primera etapa se realiza en la zona de quema superior, y la segunda y tercera etapas se realizan en la zona de quema inferior.

Las condiciones de combustión incluyen tener una concentración de oxígeno en el segundo gas de regeneración a una concentración mayor que la concentración de oxígeno en el primer gas de regeneración, donde el primer gas de regeneración y el segundo gas de regeneración están en bucles independientes, con equipos diferentes.

La segunda y tercera etapas en la zona de quema inferior pueden tener diferentes temperaturas de entrada del gas, recibiendo las condiciones preferidas de la segunda etapa la primera parte del

segundo gas de regeneración a una temperatura mayor que la temperatura en la segunda parte del segundo gas de regeneración que se ha hecho pasar a la tercera etapa.

Otros objetos, ventajas y aplicaciones de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada y dibujos.

5 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es una ilustración de la zona de regeneración y la circulación de las corrientes de gas oxidante para la regeneración del catalizador que fluye a través del regenerador que tiene una zona de quema superior y una zona de quema inferior;

10 La Figura 2 es una ilustración de la zona de regeneración y la circulación de las corrientes de gas oxidante para la regeneración del catalizador que fluye a través del regenerador que tiene una zona de quema superior y una zona de quema inferior, teniendo la zona de quema inferior dos subetapas;

15 La Figura 3 es una ilustración de la zona de regeneración y la circulación de las corrientes de gas oxidante para la regeneración del catalizador que fluye a través del regenerador que tiene una zona de quema superior y una zona de quema inferior, teniendo la zona de quema inferior tres subetapas; y

20 La Figura 4 es una ilustración de la zona de regeneración y la circulación de las corrientes de gas oxidante para la regeneración del catalizador que fluye a través del regenerador que tiene una zona de quema superior y una zona de quema inferior, teniendo la zona de quema superior dos subetapas y teniendo la zona de quema inferior tres subetapas.

Descripción detallada de la invención

25 Mejorar el proceso de regeneración del catalizador permite unos equipos más pequeños, o procesar una mayor cantidad de catalizador en menos tiempo dentro de los equipos existentes. La mejora de la regeneración del catalizador incluye una mayor retirada de coque, y puede aumentar la vida útil del catalizador entre los ciclos de regeneración mediante una mayor retirada de coque del catalizador.

30 La presente invención es un proceso para la regeneración continua de un catalizador, e incluye nuevos diseños del equipo para el nuevo proceso. La aplicación más común es la retirada de coque de las partículas de catalizador que contienen un metal del grupo del platino, y el proceso más común para esta invención es el proceso de deshidrogenación catalítica de parafinas a olefinas. El regenerador en el proceso de conversión de olefina se describe en el documento US 7.585.803, expedido a Price, et al. el 8 de septiembre de 2009, y se incorpora en la presente

memoria por referencia en su totalidad.

Un diseño de regenerador incluye dos zonas en la zona de combustión total, pero con un único bucle de circulación de gas. Estas son una zona de combustión superior y una zona de combustión inferior. Con este diseño, la concentración máxima de oxígeno en la zona inferior está limitada por el consumo total de oxígeno y el porcentaje de la zona inferior en la zona de combustión total. Típicamente, esto significa que la concentración máxima de oxígeno en la zona de combustión inferior es del 2% con una división del gas de combustión del 70% a la zona de combustión superior y del 30% a la zona de combustión inferior. El proceso puede hacerse más robusto y esto se desea para proporcionar un aumento en la concentración de oxígeno en la zona de combustión inferior. Un nivel preferido sería aumentar la concentración de oxígeno al 5% en volumen del gas de combustión en la zona de combustión inferior. Como se ha usado anteriormente en la presente memoria, la zona de combustión puede denominarse zona de quema, y se supone que los términos son intercambiables.

El análisis del coque producido durante la deshidrogenación de olefinas ligeras, y el modelado cinético de las reacciones en un regenerador de catalizador posibilitaron el desarrollo de mejoras en el diseño de dos soplantes. Se encontró que era ventajoso tener una zona de quema superior, o primera etapa, que funcionaba en condiciones de combustión convencionales, y una zona de quema inferior, o segunda etapa, que funcionaba en condiciones de combustión con una mayor concentración de oxígeno y/o temperatura. Además, se encontró que era ventajoso que la segunda etapa tuviera un tiempo de residencia mayor que o igual al tiempo de residencia de la primera etapa. Se encontró también que había ventajas al subdividir las dos zonas en subetapas, donde las temperaturas de la corriente de regeneración de gas de entrada a cada subetapa pueden variarse.

El objetivo de estos cambios en el diseño y el funcionamiento del regenerador es aumentar la capacidad de combustión en el regenerador, y proporcionar un diseño flexible para posibilitar la combustión eficaz de diferentes formaciones de coque y acumulaciones de coque sobre el catalizador. Un aspecto a considerar es la cantidad de coque difícil de quemar formado, donde la difusión de oxígeno puede ser la principal limitación o la composición del coque es suficientemente diferente de los compuestos de coque fáciles de quemar para alterar significativamente la tasa de combustión y, por lo tanto, la regeneración. La capacidad para elevar la temperatura del gas de entrada después de haber quemado el coque blando mejora la quema del coque duro, o de difusión limitada.

En un diseño con un único bucle de circulación de gas, las porciones del gas de reciclado que se potencian con oxígeno adicional, o un gas que contiene oxígeno, y se introducen en la zona de

combustión inferior, pasan a través de la zona de combustión superior sin agotarse de oxígeno. Esto da como resultado un aumento de la concentración de oxígeno en el gas de reciclado total que sale de la vasija de regeneración a un nivel relativamente alto en la zona de combustión superior. Este nivel relativamente alto de oxígeno es intolerable para un control apropiado de la combustión en la zona de combustión superior. Esto requiere un gas de dilución adicional, que se introduce en la zona de combustión superior para reducir la concentración de oxígeno en la zona de combustión superior. Una consecuencia de esto es un aumento en el gas de reciclado, la purga de gas de escape, y el uso de los servicios. La separación de estas dos corrientes de gas de reciclado proporciona mayor control y flexibilidad.

10 La presente invención está diseñada para mejorar el control y mejorar la regeneración del catalizador. El proceso incluye hacer pasar una corriente de catalizador agotado a un regenerador, donde el regenerador incluye una zona de regeneración superior, y una zona de regeneración inferior. El catalizador entra en la zona de combustión superior y pasa a través de la misma hasta la zona de combustión inferior. Se hace pasar una primera corriente de gas de regeneración a la zona de regeneración superior para quemar el coque sobre el catalizador, y genera un gas de escape de combustión que se retira del regenerador. El catalizador agotado se regenera parcialmente en la zona de regeneración superior y se hace pasar como una corriente de catalizador parcialmente regenerado a la zona inferior de regeneración. Se hace pasar una segunda corriente de gas de regeneración a la zona inferior de regeneración, para crear una corriente de catalizador regenerado. La primera y segunda corrientes de gas de regeneración son corrientes independientes para proporcionar control sobre la cantidad de oxígeno en cada corriente y controlar la combustión en cada zona de combustión.

El proceso se describe adicionalmente con respecto a la Figura 1, donde se encontró una mejora inicial con la separación del gas de reciclado en dos corrientes de regeneración de gas diferentes e independientes. Esto aleja la concentración máxima de oxígeno en la zona inferior de los límites basados en las concentraciones de oxígeno deseadas en la zona superior. Se introduce continuamente una corriente de partículas de catalizador agotado 12 a un regenerador 10. Aunque el término continuo se aplica al proceso de la presente memoria, el proceso es más un proceso semi-continuo, donde se extraen pequeñas cantidades de catalizador del reactor y se hacen pasar al regenerador en una base relativamente continua. Las partículas de catalizador fluyen hacia abajo a través de una región anular 20 definida por tamices de retención 22, 24 y que está localizada en la zona de combustión 30. La zona de combustión 30 está dividida en una zona de combustión superior 32 y una zona de combustión inferior 34. La zona de combustión superior 32 se separa de la zona de combustión inferior 34 mediante tabiques deflectores 40 y un dispositivo de recogida de gas de escape inferior 42 diferente. A medida que las partículas de

catalizador fluyen hacia abajo a través de la zona de combustión superior 32, un primer gas de regeneración se pone en contacto con las partículas de catalizador para quemar el carbono sobre las partículas de catalizador. Las partículas de catalizador fluyen a través de la zona de regeneración superior lentamente para proporcionar tiempo suficiente para que se queme el carbono. El catalizador tendrá un tiempo de residencia promedio en la zona superior entre 1 y 6 horas, con un tiempo preferido entre 2 y 5 horas, y con un tiempo más preferido entre 3 y 4 horas.

El primer gas de regeneración se somete a un ciclo a través de un primer bucle de gas de regeneración 50 usando una primera soplante de gas 52 para hacer circular el gas de regeneración, donde el gas de escape de la primera zona de combustión, o superior, 32 se hace pasar al primer bucle de gas de regeneración 50. El gas de escape está constituido por monóxido de carbono, dióxido de carbono, agua, nitrógeno, oxígeno no reaccionado y otros gases generados en la sección de combustión o introducidos con el gas que contiene oxígeno 54 y es extraído de la zona de regeneración como gas de escape. El gas de regeneración es gas de escape que forma un bucle de gas de reciclado donde la corriente de gas de escape se extrae continuamente del proceso y se mezcla con un gas que contiene oxígeno 54 para reponer el oxígeno consumido y devolverlo a la sección de combustión inicial como el primer gas de regeneración. En una realización, el gas que contiene oxígeno puede suministrarse a través de una de las zonas que tienen mayores concentraciones de oxígeno dentro del regenerador, las zonas 34 o 36. Se purga una parte del gas de escape para mantener un flujo estacionario continuo de gas de regeneración. El gas de escape se calienta o se enfría según sea necesario para conseguir la temperatura de combustión deseada antes de pasar a la zona de combustión superior como la primera corriente de gas de regeneración. La primera temperatura de combustión es entre 450°C y 600°C, con una temperatura preferible entre 470°C y 580°C, con una temperatura más preferible entre 475°C y 560°C, y con un control operacional de la temperatura cercano a 477°C. Se añade oxígeno 54 a la corriente de gas de regeneración a un nivel de entre el 0,1% y el 2% en volumen, con un intervalo preferido del 0,2% al 1,7% en volumen, y con un intervalo más preferido del 0,5% al 1,5% en volumen. El gas de regeneración que comprende gas reciclado con oxígeno adicional se hace pasar a la zona de combustión superior. Se supervisa el nivel de oxígeno en el gas de reciclado y se añade oxígeno adicional según sea necesario para llevar los niveles de oxígeno a los intervalos deseados. El nivel de oxígeno es necesario para controlar la combustión y evitar dañar el catalizador. Opcionalmente, un control adicional sobre la composición de gas incluye una corriente de gas nitrógeno 56 que se añadirá como diluyente si los niveles de oxígeno necesitaran un control adicional. En una alternativa, el gas que contiene oxígeno puede mezclarse con el nitrógeno antes de añadir la corriente de gas a la primera corriente de gas de regeneración.

La zona de combustión superior frecuentemente es incapaz de quemar todo el carbono depositado sobre el catalizador. La presente invención incluye una zona de combustión inferior 34 donde se usa un gas de regeneración diferente para completar el proceso de combustión y eliminar por quema el carbono residual sobre el catalizador.

5 El catalizador se procesa adicionalmente y fluye desde la zona de combustión superior 32 hasta la zona de combustión inferior 34, donde el catalizador se pone en contacto con una segunda corriente de gas de regeneración para retirar el carbono residual. La zona de combustión inferior también se denomina zona de quema inferior. El segundo gas de regeneración se somete a un ciclo a través de un segundo bucle de gas de regeneración 60 usando una segunda soplante de gas 62 para hacer circular el gas de regeneración, donde el gas de escape de la segunda zona de combustión, o inferior, 34 se hace pasar al segundo bucle de gas de regeneración 60. El gas de escape está constituido por monóxido de carbono, dióxido de carbono, agua, nitrógeno, oxígeno no reaccionado y otros gases generados en la sección de combustión o introducidos con el gas que contiene oxígeno y es extraído de la zona de regeneración como gas de escape a través de un dispositivo de recogida del bucle gas de escape 42 diferente. El segundo gas de regeneración es gas de escape que forma un segundo bucle de gas de reciclado 60 donde la corriente de gas de escape se extrae continuamente del proceso y se mezcla con un gas que contiene oxígeno 64 para reponer el oxígeno consumido y devolverlo a la sección de combustión inferior como el segundo gas de regeneración. Se purga una parte del gas de escape para mantener un flujo estacionario continuo del segundo gas de regeneración. El gas de escape se calienta a una segunda temperatura de combustión antes de hacerlo pasar a la zona de combustión inferior. La segunda temperatura de combustión es entre 450°C y 600°C, con una temperatura preferible entre 470°C y 580°C, y con una temperatura más preferible entre 475°C y 560°C, con un control operacional de la temperatura de aproximadamente 520°C a 560°C. Opcionalmente, un control adicional sobre la composición del gas incluye una corriente de gas nitrógeno 66 que se añadirá como un diluyente si los niveles de oxígeno necesitaran un control adicional. La corriente 66 no está limitada a nitrógeno puro, pero la corriente 66 puede ser cualquier gas que contiene nitrógeno que tenga una concentración de oxígeno menor que la concentración de oxígeno de entrada deseada a la zona de quema inferior 34. En una alternativa, el gas que contiene oxígeno puede mezclarse con el nitrógeno antes de añadir la corriente de gas a la segunda corriente de gas de regeneración. En otra alternativa más, el gas que contiene oxígeno puede suministrarse a través de la zona 36.

La zona de combustión inferior, se hace funcionar y se dimensiona para permitir que el catalizador resida en la zona inferior entre 1 y 6 horas, con un tiempo de residencia promedio preferido entre 2 horas y 5 horas, y con un tiempo de residencia promedio más preferido entre 3 y 4 horas. La

concentración de oxígeno en la zona de combustión inferior es mayor que la de la zona de combustión superior, y se controla a un nivel entre el 0,1% y el 10% en volumen, preferiblemente entre el 0,2% y el 7% en volumen, y más preferiblemente entre el 0,5% y el 5% en volumen.

5 Después de la retirada del carbono del catalizador, el catalizador se procesa adicionalmente para redistribuir el metal catalítico sobre el soporte. El proceso de combustión, mientras se retira el carbono del catalizador, también provoca la aglomeración del metal en las partículas de catalizador. Esto haría al catalizador menos eficaz y reduciría la vida útil del catalizador. El metal en las partículas de catalizador puede redistribuirse sobre la superficie del catalizador por contacto con un gas que contiene halógeno. Por lo tanto, las partículas de catalizador que salen de la zona de combustión inferior 34, se hacen pasar a una zona de halogenación 36. La zona de halogenación 36 está preferiblemente en la misma vasija para minimizar la manipulación externa, así como para minimizar la cantidad de calentamiento y enfriamiento del catalizador durante la transferencia entre vasijas. Un gas que contiene halógeno se admite en la zona de halogenación 36 a través de una entrada a un bucle de gas de halogenación 70. El gas que contiene halógeno entra en contacto con el catalizador y redistribuye el metal catalítico sobre la superficie del catalizador. El gas fluye hacia arriba a través de la zona de halogenación 36, y se recoge en un dispositivo de recogida de gas de halogenación 72. El dispositivo de recogida de gas de halogenación 72 tiene una salida 74 fijada a una tubería de circulación de gas halógeno 76. El sistema de circulación de halógeno puede incluir una soplante diferente para hacer circular el gas, así como secadoras apropiadas para retirar la humedad y lechos adsorbentes para retirar los contaminantes residuales del catalizador a medida que el catalizador fluye a través de la zona de halogenación 36. Un gas que contiene halógeno preferido incluye cloro en el gas como el halógeno activo.

25 Después de la regeneración, el catalizador se seca. El proceso de combustión genera agua como uno de los productos de combustión y el agua puede adsorberse sobre el catalizador regenerado. La presencia de agua afecta negativamente al proceso de deshidrogenación y es necesario retirarla antes de que el catalizador sea devuelto al reactor. En una realización, el secado del catalizador se realiza en el regenerador 10. El catalizador fluye desde la zona de halogenación 36 hasta una zona de secado 38. Se hace pasar un gas de secado 80 a la zona de secado 38 y fluye sobre el catalizador regenerado para retirar cualquier agua residual. El gas de secado se calienta a una temperatura entre 390°C y 510°C antes de hacerlo pasar a la zona de secado 38. El gas de secado se distribuye alrededor de la zona de secado 38 y fluye hacia arriba a través del catalizador pasando hacia abajo a través de la zona de secado 38. La duración del secado está gobernada en gran medida por la altura de la zona 38. La zona está dimensionada para proporcionar un tiempo de residencia promedio de al menos 4 horas para las partículas de

catalizador. El gas de secado fluye hacia arriba a través de la zona de secado 38 y la zona de halogenación 36, y se hace salir del regenerador a través de la salida 74. El catalizador secado y regenerado se extrae a través de la salida de catalizador 82 en el fondo del regenerador 10.

5 El proceso puede mejorarse adicionalmente con la etapa inferior, o zona de quema inferior, dividida en dos etapas para combustión. Esto se ilustra en la Figura 2. Se usan números similares para componentes similares para las diferentes realizaciones en todas las Figuras. El proceso es como se ha descrito anteriormente para gran parte de la invención, con la mejora de expandir el control sobre la combustión. En el proceso se introduce continuamente una corriente de partículas de catalizador agotado 12 a un regenerador 10. Aunque el término continuo se aplica al proceso
10 de la presente memoria, el proceso es más un proceso semi-continuo, donde se extraen pequeñas cantidades de catalizador del reactor y se hacen pasar al regenerador en una base relativamente continua. Las partículas de catalizador fluyen hacia abajo a través de una región anular 20 definida por los tamices de retención 22, 24 y que está localizada en la zona de combustión 30. La zona de combustión 30 está dividida en una primera etapa 32, o una zona de combustión superior 32, una segunda etapa 34a, y una tercera etapa 34b. La segunda y tercera etapas 34a, 34b son parte también de la zona de quema inferior. La primera etapa 32 está separada de la segunda etapa 34a mediante tabiques deflectores 40 y un dispositivo de recogida de gas de escape inferior 42 diferente.

20 El catalizador que entra en la primera etapa se pone en contacto con una primera corriente de gas de regeneración del primer bucle de gas de regeneración 50 que incluye aporte de oxígeno de una corriente que contiene gas oxígeno 54, y se hace reaccionar en un primer conjunto de condiciones de combustión para generar una primera corriente de catalizador intermedia. La primera corriente de catalizador intermedia pasa a la segunda etapa 34a donde el catalizador se pone en contacto con una primera parte de una segunda corriente de gas de regeneración en un
25 segundo conjunto de condiciones de combustión para generar una segunda corriente de catalizador intermedia. El segundo gas de regeneración procede del segundo bucle de gas de regeneración 60 y la primera parte se hace pasar a la segunda etapa 34a a través de la tubería 161. El segundo gas de regeneración incluye oxígeno añadido desde un gas que contiene oxígeno 64. La segunda corriente de catalizador intermedia se hace pasar a la tercera etapa 34b,
30 donde el catalizador se pone en contacto con una segunda parte de la segunda corriente de gas de reciclado que entra a través de la tubería 162 en un tercer conjunto de condiciones de combustión para generar una corriente de catalizador regenerado. La primera corriente de gas de regeneración y la segunda corriente de gas de regeneración son independientes, y tienen diferentes concentraciones de oxígeno para un control eficaz de las etapas de regeneración. Se
35 entiende bien que los bucles de gas 50, 60 pueden contener uno o más calentadores o

enfriadores para conseguir las temperaturas deseadas en cada una de las zonas mientas se minimiza el uso de los servicios. Los calentadores y/o enfriadores pueden colocarse según sea necesario en cualquiera de las corrientes de circulación gas ascendentes o descendentes de las soplantes y dividirse para formar las corrientes 161 y 162.

- 5 La corriente de catalizador regenerado se hace pasar a una zona de halogenación para una redistribución del metal catalítico sobre la superficie del catalizador.

El primer conjunto de condiciones de combustión en la primera etapa 32 incluye el primer gas de regeneración que entra en la primera etapa a una temperatura entre 460°C y 600°C, con una temperatura preferida entre 470°C y 580°C, con una temperatura de alimentación más preferida entre 475°C y 560°C, y una temperatura de alimentación lo más preferida entre 475°C y 485°C.

El segundo conjunto de condiciones de combustión en la segunda 34a y tercera 34b etapas incluye el segundo gas de regeneración que entra en la segunda y tercera etapas a una temperatura entre 450°C y 600°C, con una temperatura preferida entre 470°C y 580°C, con una temperatura de alimentación más preferida entre 475°C y 560°C, y una temperatura de alimentación lo más preferida entre 520°C y 560°C. La división del segundo gas de regeneración en dos entradas proporciona control adicional, donde un gas de regeneración más rico en oxígeno aún está disponible para el catalizador que se ha regenerado en su mayor parte.

El control del proceso incluye controlar las temperaturas en las diferentes zonas, o etapas, y las condiciones de proceso preferibles incluyen mantener la temperatura de entrada en la primera etapa de gas de regeneración a una temperatura por debajo de la del segundo gas de regeneración que entra en la segunda etapa. Un control adicional del proceso incluye manipular la temperatura del gas de entrada a la segunda etapa a una temperatura mayor que o igual a la temperatura del gas de entrada a la tercera etapa. Una parte adicional del control del proceso de regeneración incluye los tiempos de residencia para las diferentes etapas. En la presente invención, el tiempo de residencia del catalizador para la zona de combustión superior 32 es menor que o igual al tiempo de residencia para la zona de combustión inferior 34a, 34b. Después puede repetirse puesto que el tiempo de residencia de la primera etapa 32 es menor que o igual a la suma de los tiempos de residencia de la segunda 34a y tercera 34b etapas.

El primer conjunto de condiciones de combustión incluye el primer gas de regeneración que tiene un contenido de oxígeno menor que el 2% en volumen. Un intervalo preferido del contenido de oxígeno para el primer gas de regeneración es entre el 0,1% y el 2% en volumen, con un intervalo más preferido entre el 0,2% y el 1,75% en volumen, con un intervalo más preferido entre el 0,4% y el 1,5% en volumen.

El segundo conjunto de condiciones de combustión incluye hacer pasar el segundo gas de regeneración que tiene un contenido de oxígeno de como máximo el 10% en volumen. El intervalo es del 0,1% al 10% en volumen, con un intervalo preferido del 0,2% al 7% en volumen, un intervalo más preferido del 0,5% al 5% en volumen, y un intervalo lo más preferido del 1% al 5% en volumen.

Las condiciones de procesamiento pueden incluir la concentración de oxígeno en la primera corriente de gas de reciclado que entra en la zona de combustión superior 32 a una concentración menor que la concentración de oxígeno en la segunda corriente de gas de reciclado que entra en la zona de combustión inferior 34.

En una realización alternativa, el proceso puede incluir etapas adicionales del regenerador. En una realización, como se muestra en Figura 3, se incluye una cuarta etapa 34c en la sección de combustión 30. La cuarta etapa 34c está localizada en la zona de combustión inferior, o la zona de quema inferior, y está entre la primera etapa 32 y la segunda etapa 34a. La cuarta etapa se hace funcionar en un cuarto conjunto de condiciones de combustión que incluye una cuarta temperatura de entrada para el gas de regeneración. La segunda 34a, tercera 34b, y cuarta 34c etapas usan gas de regeneración del segundo bucle de gas 60. El segundo gas de regeneración se divide en tres porciones con una primera parte 161 que se hace pasar a la segunda etapa 34a, una segunda parte 162 se hace pasar a la tercera etapa 34b, y una tercera parte 163 se hace pasar a la cuarta etapa 34c. El gas de regeneración puede calentarse o enfriarse según se requiera para conseguir las temperaturas deseadas del gas de regeneración que entra en cada etapa 34a, 34b y 34c en la zona de combustión inferior 34. Se entiende que la colocación de calentadores y/o enfriadores en Figura 3 es con fines de ilustración y que los calentadores y/o enfriadores pueden situarse para minimizar el consumo de servicios en realizaciones alternativas.

La concentración de oxígeno en el segundo gas de regeneración que entra en la zona de quema inferior 34, es sustancialmente constante en las entradas para la segunda etapa 34a, la tercera etapa 34b y la cuarta etapa 34c. Las etapas están dimensionadas de manera que el tiempo de residencia del catalizador en la primera etapa es menor que o igual a la suma de los tiempos de residencia en la segunda, tercera y cuarta etapas. En una realización preferida, la temperatura de la segunda etapa 34a se controla a una mayor temperatura que la tercera y cuarta etapas 34b y 34c.

El proceso para regenerar un catalizador de deshidrogenación incluye hacer pasar una corriente de catalizador agotado a un reactor regenerador que tiene una primera zona y una segunda zona. El catalizador agotado entra en la primera etapa y se trata en un primer conjunto de condiciones de combustión, que incluye una primera temperatura del gas de entrada para generar una

corriente de catalizador intermedia. La primera etapa de combustión utiliza un primer gas de regeneración de una primera corriente de gas independiente donde la corriente de gas tiene un bucle de gas diferente, y el flujo se controla mediante una primera soplante, y el contenido de oxígeno se controla independientemente. La corriente de catalizador intermedia se hace pasar a la segunda etapa en el reactor regenerador, donde el catalizador se trata en un segundo conjunto de condiciones de combustión, que incluye una segunda temperatura, para generar una corriente de proceso de catalizador regenerado. La segunda etapa combustión utiliza un segundo gas de regeneración a partir de una segunda corriente de gas independiente, donde la corriente de gas tiene un bucle de gas diferente, y el flujo se controla mediante una segunda soplante, y el contenido de oxígeno se controla independientemente, con un contenido de oxígeno mayor que en la primera etapa. El segundo conjunto de condiciones de combustión incluye al menos dos subetapas, donde el segundo gas de regeneración está dividido en al menos dos porciones, con una primera parte que pasa a la primera subetapa y una segunda parte que pasa a la segunda subetapa, funcionando la primera subetapa a una temperatura del gas de entrada de la primera subetapa y funcionando la segunda subetapa a una temperatura del gas de entrada de la segunda subetapa.

En una realización, la temperatura en la primera subetapa de la segunda etapa es mayor que la temperatura de la primera etapa. Es preferible que la temperatura de la primera subetapa de la segunda etapa sea mayor que la temperatura de la segunda subetapa de la segunda etapa. De esta manera, se proporciona un cambiador de calor, o unidad de calentamiento, para calentar la primera parte de la segunda corriente de gas de reciclado admitida en la segunda etapa de la unidad de regeneración. Alternativamente, puede proporcionarse un enfriador para conseguir la temperatura deseada del gas de entrada a la segunda subetapa de la zona de quema inferior.

En una realización alternativa, el proceso incluye una tercera subetapa en la segunda etapa del regenerador. La tercera subetapa se hace funcionar a una tercera temperatura que es menor que o igual a la temperatura de la segunda subetapa en el regenerador. El segundo gas de regeneración está dividido en tres porciones, con una primera parte dirigida a la primera subetapa, una segunda parte a la segunda subetapa, y una tercera parte a la tercera subetapa. El contenido de oxígeno en el segundo gas de regeneración puede ser mayor que o igual al contenido de oxígeno en el primer gas de regeneración. En una realización preferida, la temperatura del gas de entrada a la tercera subetapa será menor que la temperatura del gas de entrada a la primera subetapa, y la temperatura del gas de entrada a la segunda subetapa será menor que o igual a la temperatura del gas de entrada a la primera subetapa. Puede proporcionarse el equipo apropiado para el calentamiento y/o enfriamiento de la corriente de gas de circulación o porciones de la misma en cualquier combinación, según sea necesario, para

conseguir la temperatura deseada del gas de entrada.

En una realización alternativa adicional, la primera etapa de la unidad de regeneración puede estar subdividida en al menos dos subetapas. Como se muestra en la Figura 4, el flujo del segundo gas de regeneración es como se ha descrito anteriormente para la realización presentada en la Figura 2 y la Figura 3. Esta realización incluye dividir el primer gas de regeneración, en el primer bucle de gas de regeneración 50, en al menos dos porciones. Se hace pasar una primera parte 151 a la primera subetapa 32a en la primera etapa del regenerador, o etapa superior. Se hace pasar una segunda parte 152 a la segunda subetapa 32b en la primera etapa del regenerador. La segunda parte puede calentarse a una temperatura de entrada mayor que la temperatura de entrada de la primera parte. Alternativamente, la primera parte puede enfriarse a una temperatura de entrada menor que la temperatura de entrada de la segunda parte.

Las condiciones para esta realización incluyen una concentración de oxígeno en el primer gas de regeneración menor que o igual a la concentración de oxígeno en el segundo gas de regeneración. La concentración de oxígeno en la primera parte del primer gas de regeneración es sustancialmente igual a la concentración de oxígeno en la segunda parte del primer gas de regeneración. La concentración de oxígeno en cada una de las entradas a las subetapas de la segunda etapa es sustancialmente la misma en cada entrada de subetapa. Los tiempos de residencia del catalizador en la primera etapa son menores que o iguales que el tiempo de residencia del catalizador en la segunda etapa. El tiempo de residencia en la primera etapa es la suma de los tiempos de residencia de las subetapas de la primera etapa, y el tiempo de residencia de la segunda etapa es la suma de los tiempos de residencia de las subetapas de la segunda etapa.

En una realización preferida, con múltiples subetapas de las dos etapas, donde hay dos subetapas en la primera etapa, o zona de quema superior, y tres subetapas en la segunda etapa, o zona de quema inferior, las condiciones de temperatura del gas de entrada incluyen: una temperatura de la primera subetapa superior menor que la temperatura de la segunda subetapa superior; y la temperatura de la primera subetapa en la etapa inferior, o zona de quema inferior, es mayor que las temperaturas para las subetapas superiores, y la segunda y tercera subetapas de la etapa inferior.

Por lo tanto, pueden conseguirse aumentos a través de esquemas de flujo y diseños innovadores que permitan controlar el proceso de las reacciones. Aunque la invención se ha descrito con lo que actualmente se consideran las realizaciones preferidas, debe entenderse que la invención no está limitada a las realizaciones descritas, sino que se pretende que cubra diversas

modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para regenerar un catalizador de deshidrogenación que comprende:

hacer pasar el catalizador a una primera etapa en un reactor regenerador, donde el catalizador se trata en un primer conjunto de condiciones de combustión con una primera corriente de gas de regeneración dentro de la primera etapa y generar una corriente de catalizador intermedia;

hacer pasar la corriente de catalizador intermedia a una segunda etapa en el reactor regenerador, donde el catalizador se trata en un segundo conjunto de condiciones de combustión con una primera parte de una segunda corriente de gas de regeneración dentro de la segunda etapa y generar una segunda corriente de catalizador intermedia; y

hacer pasar la segunda corriente de catalizador intermedia a una tercera etapa en el reactor regenerador, donde el catalizador se trata en un tercer conjunto de condiciones de combustión con una segunda parte de la segunda corriente de gas de regeneración dentro de la tercera etapa y generar una corriente de catalizador regenerado,

donde la primera corriente de gas de regeneración y la segunda corriente de gas de regeneración son corrientes independientes alimentadas a través de líneas gaseosas independientes.

2. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además hacer pasar la corriente de catalizador regenerado a una zona de cloración.

3. El proceso de la reivindicación 1, donde el primer conjunto de condiciones de combustión incluye una temperatura del gas de entrada de entre 450°C y 600°C.

4. El proceso de la reivindicación 1, donde el segundo conjunto de condiciones de combustión incluye una temperatura del gas de entrada de entre 450°C y 600°C.

5. El proceso de la reivindicación 1, donde el primer conjunto de condiciones de combustión incluye una primera temperatura del gas de entrada, el segundo conjunto de condiciones de combustión incluye una segunda temperatura del gas de entrada, donde la primera temperatura del gas de entrada es menor que o igual a la segunda temperatura del gas de entrada.

6. El proceso de la reivindicación 1, donde el segundo conjunto de condiciones de combustión incluye una segunda temperatura del gas de entrada, el tercer conjunto de condiciones de combustión incluye una tercera temperatura del gas de entrada, donde la segunda temperatura del gas de entrada es mayor que o igual a la tercera temperatura del gas de entrada.

7. El proceso de la reivindicación 1, donde el primer conjunto de condiciones de combustión incluye hacer pasar el primer gas de regeneración que tiene un contenido de oxígeno de entrada de como máximo 2% en volumen.
8. El proceso de la reivindicación 1, donde el segundo conjunto de condiciones de combustión incluye hacer pasar el segundo gas de regeneración que tiene un contenido de oxígeno de como máximo el 10% en volumen.
9. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además una cuarta etapa en el regenerador, donde el catalizador se trata en un cuarto conjunto de condiciones de combustión dentro de la cuarta etapa.
10. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además un primer tiempo de residencia del catalizador en la primera etapa, un segundo tiempo de residencia del catalizador en la segunda etapa, y un tercer tiempo de residencia del catalizador en la tercera etapa, donde el primer tiempo de residencia es menor que o igual a la suma del segundo y tercer tiempos de residencia.

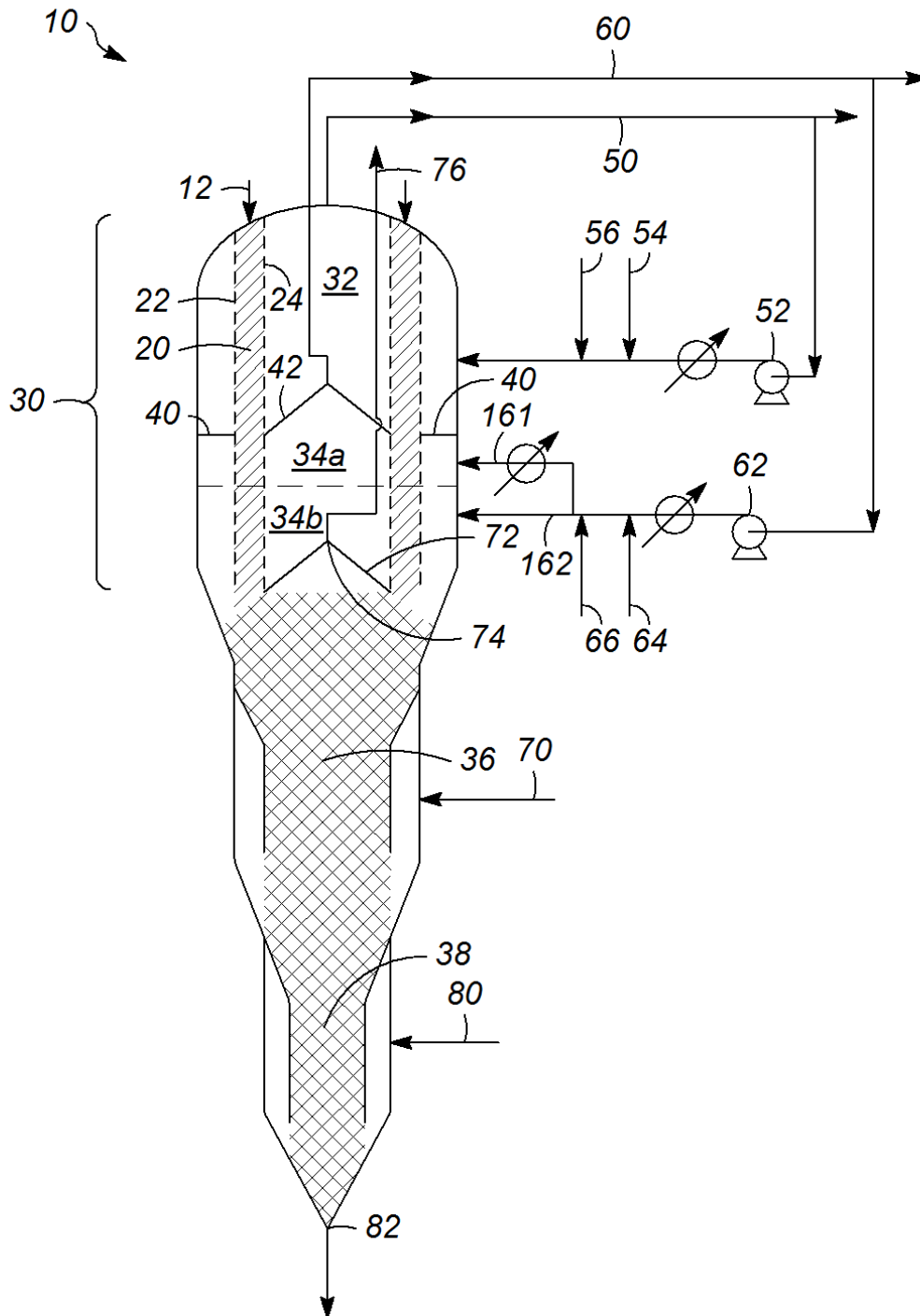


FIG. 2

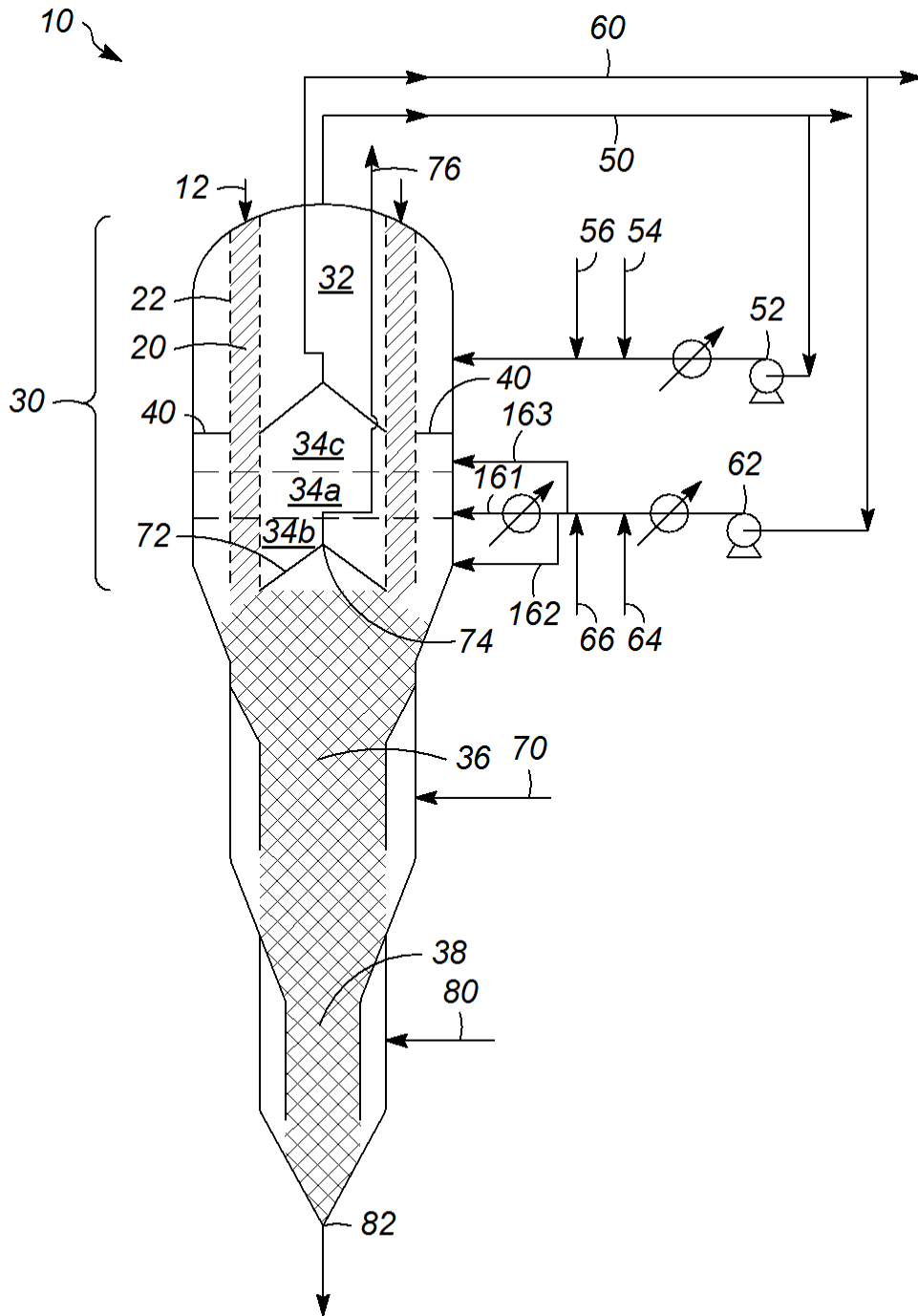


FIG. 3

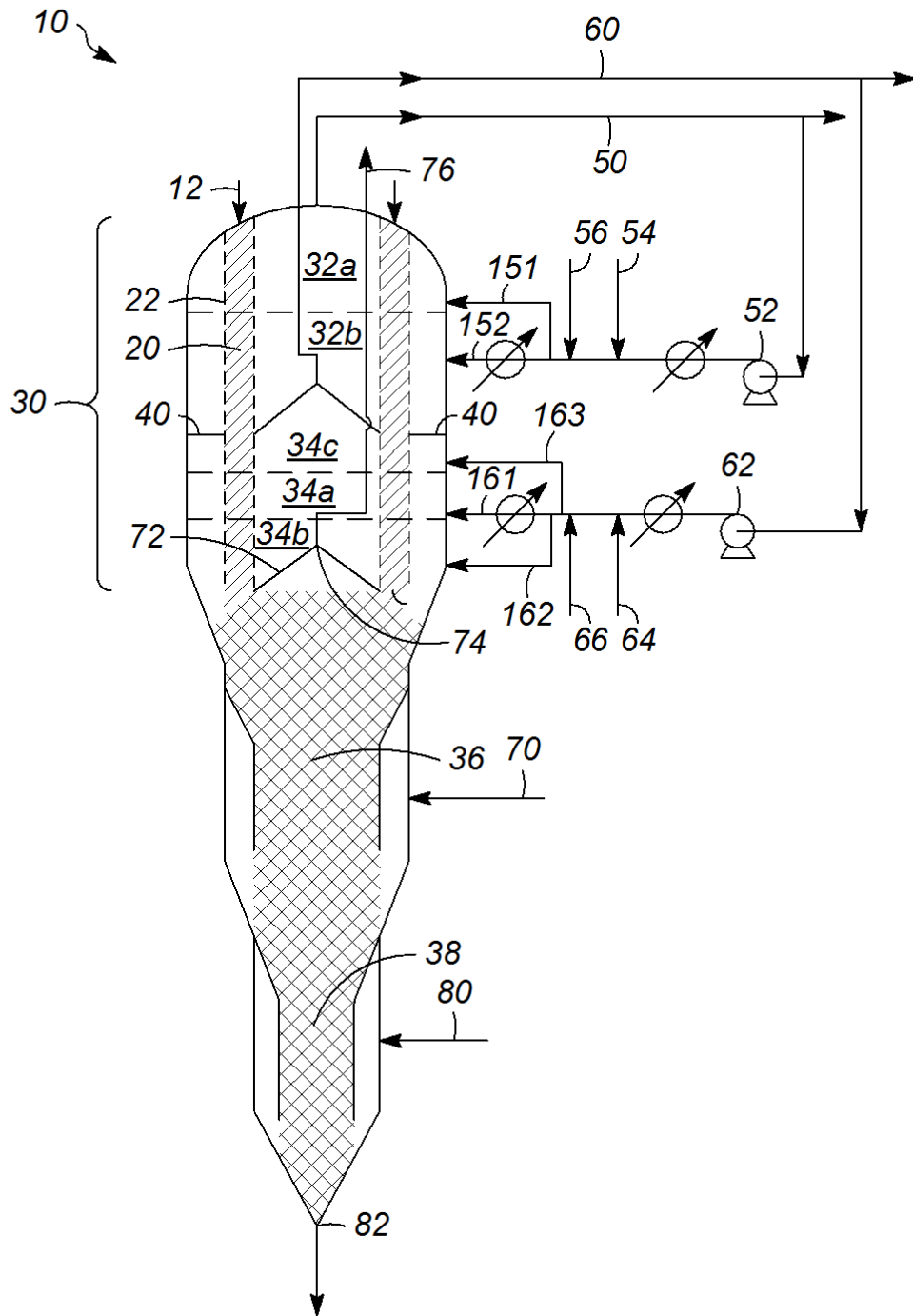


FIG. 4