

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 971**

51 Int. Cl.:

C07C 2/58

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2002** **E 02743103 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2015** **EP 1527035**

54 Título: **Procedimiento continuo para la alquilación de hidrocarburos**

30 Prioridad:

08.06.2001 EP 01202206

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

01.06.2015

73 Titular/es:

**ALBEMARLE NETHERLANDS B.V. (100.0%)
BARCHMAN WUYTIERSLAAN 10
3818 LH AMERSFOORT, NL**

72 Inventor/es:

**VAN BROEKHOVEN, EMANUEL HERMANUS;
SONNEMANS, JOHANNES WILHELMUS MARIA y
ZUIJDENDORP, STEPHAN**

74 Agente/Representante:

MARTÍN DE LA CUESTA, Alicia María

ES 2 536 971 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

Procedimiento continuo para la alquilación de hidrocarburos.

- 5 Esta invención se refiere a un procedimiento continuo para la alquilación de hidrocarburos sobre un catalizador de ácido sólido, y más en particular a un procedimiento en el que el catalizador también se regenera.

Dentro del marco de la presente invención, el término alquilación se refiere a la reacción de un compuesto que puede alquilarse, tal como un hidrocarburo saturado o aromático, con un agente de alquilación, tal como una olefina.
10 Sin limitar su alcance, se ilustrará adicionalmente la invención comentando la alquilación de hidrocarburos saturados, en general hidrocarburos saturados ramificados, con una olefina para dar hidrocarburos saturados altamente ramificados con un peso molecular superior.

El documento US 5.523.503 da a conocer la alquilación de hidrocarburos, es decir isobutano, en un aparato que comprende al menos tres reactores. Los reactores experimentan un ciclo entre una zona en la que se realiza la alquilación y una zona en la que se regenera el catalizador. El ciclado de los reactores entre las dos zonas se produce haciendo avanzar periódicamente las ubicaciones en las que la primera corriente de alimentación y la corriente de regenerante entran en el procedimiento de una manera tal como para estimular el movimiento de co-corriente de los lechos de catalizadores con respecto a la dirección del flujo de reactante en fase líquida. En este
20 procedimiento, los puntos de alimentación e inyección de regenerante se mueven a lo largo de los reactores. Un procedimiento de ese tipo requiere muchas válvulas y tuberías. Una segunda desventaja de este procedimiento es la necesidad de la introducción en el aparato de dos corrientes que contienen isobutano separadas: una corriente de alimentación y una corriente de regenerante. Una tercera desventaja es que antes del ciclado de un reactor de la zona de regeneración a la zona de alquilación y viceversa, es necesario lavar el reactor.

La presente invención se refiere a un procedimiento de alquilación continuo en el que un compuesto que puede alquilarse se hace reaccionar con un agente de alquilación en presencia de un catalizador de alquilación de ácido sólido para formar un alquilato y en el que se regenera el catalizador, realizándose dicho procedimiento en un
30 aparato que comprende una serie de al menos dos reactores que contienen catalizador en una zona A y una serie de al menos dos reactores que contienen catalizador en una zona B, procedimiento en el que

(a) los reactores de la zona A y reactores de la zona B experimentan un ciclo hacia adelante y hacia atrás por zona entre modo de alquilación y modo de regeneración suave,

(b) el modo de alquilación comprende introducir un agente de alquilación en un primer reactor de la zona a través del cual pasa el compuesto que puede alquilarse, hacer reaccionar una parte del compuesto que puede alquilarse con al menos una parte del agente de alquilación para producir una corriente de producto que contiene alquilato, y realizar esta operación al menos una vez más en un reactor aguas abajo en la misma zona empleando, en lugar de dicho compuesto que puede alquilarse, una corriente que comprende dicha corriente de producto que contiene alquilato
40 que puede haberse sometido o no a una separación intermitente anterior durante la cual se ha retirado una parte del alquilato, para producir un efluente que contiene alquilato en modo de alquilación,

c) el modo de regeneración suave comprende poner en contacto el catalizador de alquilación de ácido sólido con hidrógeno en cada uno de los al menos dos reactores de la zona,

45 (d) se recupera el alquilato.

La ventaja de este procedimiento es que los reactores en la zona A y la zona B pueden experimentar un ciclo entre el modo de alquilación y el de regeneración tan sólo cambiando algunas válvulas, en lugar de tener que mover los puntos de inyección. Además, en lugar de dos corrientes que contienen compuesto que puede alquilarse separadas, es decir una corriente de alimentación y una corriente de regenerante, sólo se requiere una corriente que contiene hidrocarburo: la corriente que contiene compuesto que puede alquilarse.

La regeneración se realiza en una corriente que comprende hidrocarburo o en reactores aislados. Si se emplea una corriente, el hidrocarburo comprenderá un compuesto que puede alquilarse, o al menos una parte del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación. Si se realiza la regeneración en reactores aislados, el alquilato estará presente en los reactores. Este alquilato resulta de cuando los reactores en esta zona funcionan en el modo de alquilación. Se ha descubierto que el alquilato permanece sin convertirse esencialmente cuando está presente durante la regeneración del catalizador con hidrógeno. Por tanto, en este procedimiento no hay necesidad de retirar el alquilato del sistema de reactores antes del ciclado de la regeneración al modo de alquilación.
60

Debe entenderse que durante el funcionamiento en el modo de regeneración puede haber periodos de tiempo en los que el catalizador no está en contacto con hidrógeno. De manera análoga, durante el funcionamiento en el modo de alquilación puede haber periodos de tiempo en los que no se introduce agente de alquilación.

65 La figura 1 muestra un diagrama esquemático de un aparato adecuado para llevar a cabo el procedimiento según la

invención. A modo de ejemplo, esta figura presenta sólo cuatro reactores que contienen catalizador de alquilación de ácido sólido: dos en la zona A y dos en la zona B. Obsérvese que según la invención, el aparato contiene al menos dos reactores en la zona A y al menos dos reactores en la zona B. Configuraciones preferidas son dos reactores en la zona A y dos reactores en la zona B o tres reactores en la zona A y tres reactores en la zona B. Los reactores contienen el catalizador de alquilación de ácido sólido y están equipados con equipo convencional conocido en la técnica para medir la temperatura, la presión y el flujo. El catalizador puede estar presente en cualquier tipo de lecho de catalizador, por ejemplo un lecho fluidizado, un lecho fijo o suspendido en una suspensión. Además, los reactores pueden contener más de un lecho de catalizador. Esto permite el uso en un reactor de lechos de catalizador con diferentes composiciones de catalizador y/o de diferente tamaño. Por ejemplo, el lecho de catalizador más aguas abajo puede ser mayor, es decir contener una mayor cantidad de catalizador, y/o puede contener un catalizador más activo que los lechos de catalizador aguas arriba en el mismo reactor. Esto puede ser útil para alcanzar la conversión completa del agente de alquilación, evitando de ese modo el avance de este compuesto. Cuando se usan al menos dos lechos de catalizador en un reactor, se prefiere que se proporcione cada uno de estos lechos de catalizador con su propia adición de agente de alquilación, de modo que la cantidad total de olefina necesaria en el reactor se extiende sobre varios puntos de inyección. Esto da como resultado razones molares superiores de compuesto que puede alquilarse con respecto a agente de alquilación en el reactor. Los puntos de inyección se ubican debajo de cada uno de los lechos de catalizador, es decir debajo del lecho más aguas arriba y debajo de cada uno de los lechos de catalizador posteriores. Antes de entrar en el lecho de catalizador, el agente de alquilación inyectado se mezcla preferiblemente con el compuesto que puede alquilarse ya presente en el reactor. Alternativamente, es posible usar al menos dos lechos de catalizador en un reactor e inyectar agente de alquilación debajo de cada uno de los lechos de catalizador excepto para el más aguas abajo. Esto también puede estimular la conversión completa del agente de alquilación en el reactor y evitar el avance de este compuesto. Además, es posible usar al menos dos lechos de catalizador en un reactor e inyectar diferentes agentes de alquilación debajo de los diferentes lechos de catalizador. Por ejemplo, puede añadirse buteno a los dos primeros lechos, mientras que se añade propeno al tercer lecho de catalizador.

El aparato de la figura 1 comprende los reactores 4A y 5A en la zona A, zona que está en el modo de alquilación. Al reactor 4A se le alimenta el compuesto que puede alquilarse a través del sistema 1A de válvulas y el conducto 2A, y se alimenta el agente de alquilación a través de la entrada 3A. Los dos componentes pueden hacerse reaccionar (parcialmente) para producir una corriente de producto que contiene alquilato. Se conduce posteriormente esta corriente de producto al reactor 5A. Se alimenta el agente de alquilación a este reactor a través de la entrada 3B. En este reactor el agente de alquilación puede hacerse reaccionar (parcialmente) con el compuesto que puede alquilarse presente en la corriente de producto que contiene alquilato para producir un efluente que contiene alquilato en modo de alquilación. Opcionalmente, el alquilato o una parte del alquilato puede retirarse de la corriente de producto que contiene alquilato antes de que esta corriente entre en el reactor 5A, por medio de una etapa de separación intermitente. Preferiblemente, se realiza tal separación intermitente entre cada uno de los reactores que funcionan en el modo de alquilación. Las pérdidas de compuesto que puede alquilarse durante esta etapa de separación pueden compensarse por la posterior adición de compuesto que puede alquilarse a la corriente de producto que contiene alquilato. Esta etapa de separación intermitente ofrece una manera de obtener una concentración de alquilato casi constante por todo el aparato. Con una concentración de alquilato casi constante de ese tipo, el catalizador en los al menos dos reactores por zona se desactivará a una tasa casi igual.

Los sistemas 1A, 1B, 7A y 7B de válvulas se representan sólo esquemáticamente en la figura 1. Preferiblemente, estos sistemas de válvulas son conjuntos de válvulas y/o controladores de flujo que regulan las corrientes en los conductos 2A, 2B, 8A y 9A, y 8B y 9B, respectivamente. La ventaja de tales conjuntos de válvulas y/o de controladores de flujo es que por ejemplo la corriente de compuesto que puede alquilarse a través del conducto 9A no se bloquea necesariamente en el momento en el que se introduce en el conducto 8A, como será el caso cuando se usan, por ejemplo, válvulas de tres vías. Además, los controladores de flujo ofrecen la posibilidad de regular las corrientes que fluyen a través de los conductos.

En una primera realización de la presente invención, al menos una parte del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación se conduce a través del sistema 7A de válvulas y a través del conducto 8A a la zona B, que contiene los reactores 4B y 5B, reactores que están en el modo de regeneración. Si se conduce sólo una parte del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación a la zona B, la parte restante del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación puede conducirse a través del conducto 9A a la unidad 10 de separación. Si se desea, puede añadirse compuesto que puede alquilarse a la parte del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación que se conduce a la zona B. Sin embargo, en esta realización se prefiere conducir todo el efluente que contiene alquilato en modo de alquilación a la zona B. Se alimenta hidrógeno al reactor 4B o tanto al reactor 4B como al reactor 5B a través de la entrada 6A y las entradas 6A y 6B, respectivamente. El efluente que contiene alquilato en modo de alquilación que se conduce a la zona B se introduce en primer lugar en el reactor 4B. Posteriormente, el efluente del reactor 4B, que es una mezcla que comprende el efluente que contiene alquilato en modo de alquilación e hidrógeno se introduce en el reactor 5B para producir un efluente en modo de regeneración. Entonces se conduce este efluente en modo de regeneración a través del sistema 7B de válvulas y a través del conducto 9B a la unidad 10 de separación.

La unidad de separación puede comprender uno o más dispositivos. En esta unidad de separación, se separa el

compuesto que puede alquilarse de los efluentes alimentados a esta unidad de separación. Al menos una parte de este compuesto que puede alquilarse se recircula a la zona A y/o zona B, es decir la zona en modo de alquilación y/o la zona en modo de regeneración, como una corriente que contiene compuesto que puede alquilarse. En esta figura, a modo de ejemplo, esta corriente que contiene compuesto que puede alquilarse se recircula a través del

conducto 11. Obsérvese que la corriente y, por tanto, el compuesto que puede alquilarse introducido en el reactor 4A, puede contener otros compuestos tales como alquilato. Otras corrientes que salen de la unidad de separación comprenden el alquilato y habitualmente también comprenden una corriente que contiene "productos ligeros", tales como hidrógeno y/o propano, y una corriente que contiene n-alcanos.

Según esta primera realización, los reactores en la zona A y la zona B pueden experimentar un ciclo entre el modo de alquilación y el modo de regeneración, por ejemplo, (i) cambiando las corrientes que entran a través de las entradas 3A/B y 6A/B y (ii) cambiando las corrientes que fluyen a través de los diferentes conductos. En este modo, se alimenta hidrógeno al reactor 4A o a ambos reactores 4A y 5A, y se alimenta el agente de alquilación a los reactores 4B y 5B. Se alimenta el compuesto que puede alquilarse a través del conducto 2B al reactor 4B y al menos una parte del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación se conduce a través del sistema 7B de válvulas y a través del conducto 8B al reactor 4A. Si se conduce sólo una parte del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación al reactor 4A, la parte restante del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación se conduce a través del conducto 9B a la unidad 10 de separación. Se conduce el efluente en modo de regeneración que sale del reactor 5A a través del sistema 7A de válvulas y a través del conducto 9A a la unidad 10 de separación.

En una segunda realización, todo el efluente que contiene alquilato en modo de alquilación se conduce a través del conducto 9A a la unidad 10 de separación. Al mismo tiempo, se introduce el compuesto que puede alquilarse a través del conducto 2B en el reactor 4B, que está en el modo de regeneración. El efluente de este reactor se conduce posteriormente al reactor 5B. Entonces se conduce el efluente del reactor 5B, es decir el efluente en modo de regeneración, a través del sistema 7B de válvulas y a través del conducto 9B a la unidad 10 de separación. Los reactores en la zona A y la zona B pueden experimentar un ciclo entre el modo de alquilación y el modo de regeneración cambiando las corrientes que entran a través de las entradas 3A/B y 6A/B. Al cambiar las corrientes que entran a través de las entradas 3A/B y 6A/B se alimenta hidrógeno al reactor 4A o a ambos reactores 4A y 5A y se conduce el agente de alquilación a los reactores 4B y 5B.

En una tercera realización, no se introducen corrientes en el reactor 4B a través de los conductos 2B o 8A mientras que se hacen funcionar los reactores 4B y 5B en el modo de regeneración, y se conduce todo el efluente que contiene alquilato en modo de alquilación a través del conducto 9A a la unidad 10 de separación. El alquilato, formado durante el tiempo en el que los reactores 4B y 5B se hicieron funcionar en el modo de alquilación, todavía está presente en estos reactores. En principio, se aislarán los reactores 4B y 5B del sistema, lo que significa que no salen corrientes del reactor a través del sistema 7B de válvulas durante el periodo de regeneración. Sin embargo, puede ser necesario aliviar la presión del reactor, por ejemplo a través del conducto 9B. Los reactores en la zona A y la zona B pueden experimentar un ciclo entre el modo de alquilación y el modo de regeneración, por ejemplo, (i) cambiando las corrientes que entran a través de las entradas 3A/B y 6A/B y (ii) cambiando las corrientes a través de los conductos 2A y 2B. En este modo, se alimenta hidrógeno al reactor 4A o a ambos reactores 4A y 5A y se alimenta el agente de alquilación a los reactores 4B y 5B. En esta realización se prefiere alimentar hidrógeno a ambos reactores 4A y 5A. Se alimenta el compuesto que puede alquilarse al reactor 4B, y no entran corrientes en el reactor 4A a través del conducto 2A o el conducto 8B. El procedimiento se realiza normalmente en condiciones tales que al menos una parte del agente de alquilación y el compuesto que puede alquilarse están en la fase líquida o la fase supercrítica. En general, el procedimiento según la invención se realiza a una temperatura en el intervalo de 233 a 523 K, preferiblemente en el intervalo de 293 a 423 K, más preferiblemente en el intervalo de 338 a 368 K, y una presión en el intervalo de 1 a 100 bar, preferiblemente de 5 a 40 bar, más preferiblemente de 15 a 30 bar.

En general, la etapa de regeneración suave se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 233 a 523 K y una presión de desde 1 hasta 100 bares. Aunque las etapas de regeneración y alquilación pueden realizarse a diferentes temperaturas y presiones, se prefiere que la temperatura de regeneración, expresada en K, y la presión de regeneración no difieran de la temperatura de reacción y la presión de reacción en más del 20%, más preferiblemente en no más del 10%, todavía más preferiblemente en no más del 5%. Lo más preferiblemente, la temperatura y presión de regeneración y la temperatura y presión de reacción son esencialmente las mismas.

La razón molar del compuesto que puede alquilarse con respecto al agente de alquilación en la alimentación total en los reactores preferiblemente es mayor de 5:1, más preferiblemente mayor de 50:1. Razones molares mayores se consideran preferidas por motivos de rendimiento, debido a que generalmente producen un aumento en el índice de octano y la estabilidad. El límite superior para esta razón se determina por el tipo de procedimiento aplicado, y por la economía del procedimiento. No es crítico, y puede ser tan alto como 5.000:1. En general, se prefieren cifras de, por ejemplo, 1.000:1 o menores. Estas razones molares altas pueden obtenerse de diversas maneras conocidas por el experto, por ejemplo, por múltiples entradas para el agente de alquilación o recirculación interna del contenido del reactor. En este momento una razón molar de compuesto que puede alquilarse con respecto a agente de alquilación de 150-750:1 se considera la más preferida. La tasa de alimentación (WHSV) del agente de alquilación en general está en el intervalo de 0,01 a 5, preferiblemente en el intervalo de 0,05 a 0,5, más preferiblemente en el intervalo de 0,1 a 0,3 gramos de agente de alquilación por gramo de catalizador por hora.

El catalizador se regenera poniéndolo en contacto con hidrógeno en presencia de hidrocarburo, que comprende el efluente que contiene alquilato en modo de alquilación, el compuesto que puede alquilarse o el alquilato formado que ya está presente en el reactor. Normalmente, el hidrógeno se disolverá en el hidrocarburo. Preferiblemente, la solución contiene al menos el 10% de la concentración de saturación de hidrógeno, definiéndose dicha concentración de saturación como la cantidad máxima de hidrógeno que puede disolverse en el hidrocarburo a temperatura y presión de regeneración. Dependiendo de las tasas de alimentación aplicadas puede preferirse más que la disolución contenga al menos el 50% de la concentración de saturación, incluso más preferiblemente al menos el 85%. A tasas de alimentación relativamente bajas en general se prefiere tener una disolución de hidrógeno tan saturada en la mezcla como sea posible.

La frecuencia de ciclado de las zonas entre el modo de alquilación y el modo de regeneración, es decir la frecuencia de regeneración, depende de varias condiciones, incluyendo la naturaleza del catalizador, las condiciones de reacción y regeneración, y la cantidad de hidrógeno presente durante la etapa de regeneración. Preferiblemente, se realiza la regeneración antes de que haya cualquier disminución sustancial de la actividad catalítica. Puede observarse una disminución de este tipo mediante el avance del agente de alquilación, que puede medirse analizando la concentración de agente de alquilación en el efluente que contiene alquilato en modo de alquilación. Mediante el ciclado de las zonas entre los modos de alquilación y de regeneración antes del avance del agente de alquilación es posible obtener un producto de composición casi constante en un alto rendimiento. Normalmente, se cambian las zonas entre el modo de alquilación y el de regeneración con una frecuencia en el intervalo de una vez por 10 horas a 10 veces por hora, preferiblemente una vez por 3 horas a 3 veces por hora e incluso más preferiblemente una vez por 2 horas a 2 veces por hora.

Opcionalmente, pueden lavarse los reactores con una corriente que contiene hidrocarburo, por ejemplo, una corriente que contiene compuesto que puede alquilarse o un efluente que contiene alquilato en modo de alquilación, antes del ciclado de las zonas desde el modo de alquilación hasta el de regeneración o viceversa, con el fin de evitar que el hidrógeno entre en contacto con la olefina, lo que daría como resultado la formación de alcanos no deseados.

El aparato puede comprender uno o más reactores que contienen catalizador de alquilación de ácido sólido adicionales que pueden reemplazar a uno o más de los al menos dos reactores en la zona A y la zona B. Preferiblemente, el aparato contiene un reactor adicional de ese tipo. La disponibilidad de tales reactores adicionales hace que el procedimiento sea muy flexible. Si, debido a las circunstancias, el catalizador en uno o más de los reactores se desactiva hasta un grado inaceptable durante el procedimiento, puede reemplazarse por uno o más reactores adicionales que contienen catalizador. Entonces puede regenerarse el catalizador desactivado poniéndolo en contacto con hidrógeno a alta temperatura en la fase gaseosa para recuperar su actividad original sin afectar al procedimiento de alquilación en curso. Tras esta regeneración a alta temperatura el reactor que contiene el catalizador regenerado a alta temperatura puede servir como dicho reactor adicional.

La regeneración a alta temperatura se efectúa a una temperatura de al menos 423 K, preferiblemente en el intervalo de 423-873, más preferiblemente 473-673 K. Para efectuar un procedimiento a largo plazo a escala comercial, por ejemplo, puede llevarse a cabo una regeneración a alta temperatura de ese tipo tras cada 50, preferiblemente tras cada 100 regeneraciones en condiciones suaves. Los experimentos en planta piloto han mostrado que es posible realizar un procedimiento a largo plazo cuando se somete el catalizador a una regeneración a alta temperatura tras cada 200-400 regeneraciones en condiciones suaves. Dependiendo de las variables exactas del procedimiento a escala comercial, este valor puede ser mayor o menor en la práctica real.

El aparato también puede comprender un reactor adicional en el extremo aguas abajo de la zona que funciona en el modo de alquilación en el que no se introduce agente de alquilación. Esto puede ayudar en la obtención de una conversión completa del agente de alquilación en alquilato. Puede usarse un reactor de ese tipo, reactor que experimenta un ciclo entre las zonas A y B, o tanto la zona A como la zona B pueden comprender un reactor adicional de ese tipo. Alternativamente, si un reactor contiene más de un lecho de catalizador, el lecho que está más aguas abajo puede privarse de una adición de olefina separada.

Compuestos que pueden alquilarse preferidos que van a usarse en el procedimiento según la invención son isoalcanos que tienen 4-10 átomos de carbono, tales como isobutano, isopentano, isohexano o mezclas de los mismos. Agentes de alquilación preferidos son olefinas que tienen 2-10 átomos de carbono, preferiblemente 2-6 átomos de carbono, más preferiblemente 3-5 átomos de carbono, por ejemplo, propeno, buteno, penteno. La alquilación de isobutano con buteno o una mezcla de butenos constituye una realización atractiva del procedimiento según la invención.

El catalizador de alquilación de ácido sólido usado en el procedimiento según la invención comprende un componente metálico de hidrogenación y un constituyente de ácido sólido. Ejemplos de componentes metálicos de hidrogenación adecuados son constituyentes de los metales de transición, tales como metales del grupo VIII de la tabla periódica, o mezclas de los mismos. Entre éstos, se prefieren metales nobles del grupo VIII de la tabla periódica. Se prefieren especialmente platino, paladio y mezclas de los mismos. La cantidad de componente metálico de hidrogenación dependerá de su naturaleza. Cuando el componente metálico de hidrogenación es un

- metal noble del grupo VIII de la tabla periódica, el catalizador contendrá generalmente el metal en el intervalo del 0,01 al 2% en peso, preferiblemente del 0,1-1% en peso, calculado como metal. Ejemplos de constituyentes de ácido sólido son zeolitas tales como zeolita beta, MCM-22, MCM-36, mordenita, zeolitas X y zeolitas Y, incluyendo zeolitas H-Y y zeolitas USY, ácidos sólidos no zeolíticos tales como sílice-alúmina, óxidos sulfatados tales como
- 5 óxidos sulfatados de circonio, titanio o estaño, óxidos mixtos sulfatados de circonio, molibdeno, tungsteno, etc., y óxidos de aluminio clorados. Constituyentes de ácido sólido preferidos actualmente son zeolitas, incluyendo mordenita, zeolita beta, zeolitas X y zeolitas Y, incluyendo zeolitas H-Y y zeolitas USY, óxidos sulfatados y óxidos de aluminio clorados. También pueden emplearse mezclas de constituyentes de ácido sólido.
- 10 El catalizador que va a usarse en el procedimiento según la invención comprende preferiblemente un componente metálico de hidrogenación sobre un portador que comprende el 2-98% en peso de constituyente de ácido sólido y el 98-2% en peso de un material de matriz, calculado con respecto al portador. Preferiblemente, el portador comprende el 10-90% en peso de material de matriz y el 90-10% en peso de constituyente de ácido sólido. Más preferiblemente, el portador comprende el 10-80% en peso de material de matriz y el resto es constituyente de ácido sólido. Se
- 15 prefiere especialmente el catalizador en el que el portador comprende el 10-40% en peso de material de matriz y el resto es constituyente de ácido sólido. En la presente memoria descriptiva el término material de matriz abarca todos los componentes que están presentes en el catalizador excepto por el constituyente de ácido sólido y el componente metálico de hidrogenación. Ejemplos de materiales de matriz adecuados son alúmina, sílice, arcillas y mezclas de los mismos. En general se prefieren materiales de matriz que comprenden alúmina. Un material de matriz que
- 20 consiste esencialmente en alúmina se considera el más preferido en este punto en el tiempo.
- Preferiblemente, el catalizador que va a usarse en el procedimiento según la invención tiene un tamaño de partícula de al menos 0,5 mm. Preferiblemente, el tamaño de partícula es de al menos 0,8 mm, más preferiblemente al menos 1,0 mm. El límite superior del tamaño de partícula se encuentra preferiblemente a 10 mm, más preferiblemente a
- 25 5 mm, incluso más preferiblemente a 3 mm. En la presente memoria descriptiva, el término tamaño de partícula se define como el diámetro promedio de la parte sólida del catalizador, tal como será evidente para el experto.
- El catalizador puede prepararse mediante procedimientos comunes para la industria. Estos comprenderán, entre otros, la conformación del constituyente de ácido sólido tras mezclarlo con un material de matriz, para formar
- 30 partículas, seguido por calcinación de las partículas. La función de hidrogenación, por ejemplo, puede incorporarse en la composición de catalizador impregnando las partículas portadoras con una disolución de un componente metálico de hidrogenación.
- Alquilatos preferidos que van a producirse por el procedimiento según la invención son alquilatos C₅+ con un mínimo de alquilatos C₉+. El alquilato C₅+ obtenido usando el procedimiento según la invención tiene preferiblemente un contenido en C₉+ de menos del 30% en peso, más preferiblemente de menos del 20% en peso, lo más
- 35 preferiblemente de menos del 10% en peso. La regeneración frecuente del catalizador permite que la producción de C₉+ se controle a un nivel comparativamente bajo.
- Además, dependiendo de la frecuencia de regeneración, en el procedimiento según la invención se obtiene un alto rendimiento de alquilato C₅+. El procedimiento según la invención hace posible obtener un rendimiento de alquilato C₅+ en exceso del 200%, calculado con respecto al peso de la olefina consumida, preferiblemente del 204% o superior.
- 40 La calidad del producto de alquilato obtenido en el procedimiento según la invención puede medirse mediante el RON del producto. El RON es una medida de la clasificación antidetonación de la gasolina y/o constituyentes de la gasolina. Cuanto mayor es el RON, más favorable será la clasificación antidetonación de la gasolina. Dependiendo del tipo de motor de gasolina, por lo general una clasificación antidetonación superior es una ventaja cuando se trata del trabajo del motor. El producto obtenido en el procedimiento según la invención tiene preferiblemente un RON de
- 45 90 o más, más preferiblemente de 92 o más, lo más preferiblemente 94 o más. Se obtiene el RON determinando, por ejemplo, a través de cromatografía de gases, el porcentaje en volumen de los diversos hidrocarburos en el producto. Entonces se multiplican los porcentajes en volumen por la contribución al RON y se suman.
- Ejemplos de compuestos con un RON de 90 o más son isopentano, 2,2-dimetilbutano, 2,3-dimetilbutano, trimetilbutano, 2,3-dimetilpentano, 2,2,4-trimetilpentano, 2,2,3-trimetilpentano, 2,3,4-trimetilpentano, 2,3,3-
- 55 trimetilpentano y 2,2,5-trimetilhexano.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de alquilación continuo en el que un compuesto que puede alquilarse se hace reaccionar con un agente de alquilación en presencia de un catalizador de alquilación de ácido sólido para formar un alquilato y en el que el catalizador se regenera, realizándose dicho procedimiento en un aparato que comprende una serie de al menos dos reactores que contienen catalizador en una zona A y una serie de al menos dos reactores que contienen catalizador en una zona B, procedimiento en el que
 - (a) los reactores de la zona A y reactores de la zona B experimentan un ciclo hacia adelante y hacia atrás por zona entre modo de alquilación y modo de regeneración suave,
 - (b) el modo de alquilación comprende introducir un agente de alquilación en un primer reactor de la zona a través del cual pasa el compuesto que puede alquilarse, hacer reaccionar una parte del compuesto que puede alquilarse con al menos una parte del agente de alquilación para producir un corriente de producto que contiene alquilato, y realizar esta operación al menos una vez más en un reactor aguas abajo en la misma zona empleando, en lugar de dicho compuesto que puede alquilarse, una corriente que comprende dicha corriente de producto que contiene alquilato que puede haberse sometido o no a una separación intermitente anterior durante la cual se ha retirado una parte del alquilato, para producir un efluente que contiene alquilato en modo de alquilación,
 - (c) el modo de regeneración suave comprende poner en contacto el catalizador de alquilación de ácido sólido con hidrógeno en cada uno de los al menos dos reactores de la zona,
 - (d) se recupera el alquilato.
2. Procedimiento continuo según la reivindicación 1, en el que el modo de regeneración suave comprende poner en contacto el catalizador de alquilación de ácido sólido con una parte del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación e hidrógeno en el primer reactor de la zona, y realizar esta operación al menos una vez más en un reactor aguas abajo en la misma zona empleando, en lugar de dicha parte del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación, el efluente del reactor aguas arriba anterior, para producir un efluente en modo de regeneración, y en el que se recupera el alquilato del efluente en modo de regeneración y de la parte restante del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación.
3. Procedimiento continuo según la reivindicación 1, en el que el modo de regeneración suave comprende poner en contacto el catalizador de alquilación de ácido sólido con todo el efluente que contiene alquilato en modo de alquilación e hidrógeno en el primer reactor de la zona, y realizar esta operación al menos una vez más en un reactor aguas abajo en la misma zona empleando, en lugar de dicho efluente que contiene alquilato en modo de alquilación, el efluente del reactor aguas arriba anterior, para producir un efluente en modo de regeneración, y en el que se recupera el alquilato de dicho efluente en modo de regeneración.
4. Procedimiento continuo según la reivindicación 1, en el que el modo de regeneración suave comprende poner en contacto el catalizador de alquilación de ácido sólido con el compuesto que puede alquilarse e hidrógeno en el primer reactor de la zona, y realizar esta operación al menos una vez más en un reactor aguas abajo en la misma zona empleando, en lugar de dicho compuesto que puede alquilarse, el efluente del reactor aguas arriba anterior, para producir un efluente en modo de regeneración, y en el que se recupera el alquilato del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación y el efluente en modo de regeneración.
5. Procedimiento continuo según la reivindicación 1, en el que el modo de regeneración suave comprende poner en contacto el catalizador de alquilación de ácido sólido con hidrógeno en cada uno de los al menos dos reactores, reactores que contienen alquilato formado en dichos al menos dos reactores durante su ciclo de funcionamiento anterior en el modo de alquilación, y en el que se recupera el alquilato del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación.
6. Procedimiento según la reivindicación 2 ó 4, en el que el aparato comprende una unidad de separación que separa el compuesto que puede alquilarse del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación y del efluente en modo de regeneración, tras lo cual se recircula una corriente que comprende al menos una parte del compuesto que puede alquilarse a la zona que funciona en el modo de alquilación.
7. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que el aparato comprende una unidad de separación que separa el compuesto que puede alquilarse del efluente en modo de regeneración, tras lo cual se recircula una corriente que comprende al menos una parte del compuesto que puede alquilarse a la zona que funciona en el modo de alquilación.
8. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que el aparato comprende una unidad de separación que separa el compuesto que puede alquilarse del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación, tras

lo cual se recircula una corriente que comprende al menos una parte del compuesto que puede alquilarse a la zona que funciona en el modo de alquilación.

- 5 9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 2, 4 ó 6, en el que el aparato comprende una unidad de separación que separa el compuesto que puede alquilarse del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación y del efluente en modo de regeneración, tras lo cual se recircula una corriente que comprende al menos una parte del compuesto que puede alquilarse a la zona que funciona en el modo de regeneración.
- 10 10. Procedimiento según la reivindicación 3 ó 7, en el que el aparato comprende una unidad de separación que separa el compuesto que puede alquilarse del efluente en modo de regeneración, tras lo cual se recircula una corriente que comprende al menos una parte del compuesto que puede alquilarse a la zona que funciona en el modo de regeneración.
- 15 11. Procedimiento según la reivindicación 5 u 8, en el que el aparato comprende una unidad de separación que separa el compuesto que puede alquilarse del efluente que contiene alquilato en modo de alquilación, tras lo cual se recircula una corriente que comprende al menos una parte del compuesto que puede alquilarse a la zona que funciona en el modo de regeneración.
- 20 12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato comprende dos reactores en la zona A y dos reactores en la zona B.
- 25 13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que el aparato comprende una unidad de separación entre los dos reactores en la zona que funciona en el modo de alquilación, en el que puede retirarse una parte del alquilato de la corriente de producto que contiene alquilato.
- 30 14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que el aparato comprende tres reactores en la zona A y tres reactores en la zona B.
- 35 15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que el aparato comprende una unidad de separación entre el primer y el segundo así como entre el segundo y el tercer reactor en la zona que funciona en el modo de alquilación, en el que puede retirarse una parte del alquilato de la corriente de producto que contiene alquilato.
- 40 16. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los al menos dos reactores en la zona A y los al menos dos reactores en la zona B comprenden cada uno más de un lecho de catalizador con adición separada de agente de alquilación.
- 45 17. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que el lecho de catalizador en el extremo más aguas abajo de la zona que funciona en el modo de alquilación se priva de una adición separada de agente de alquilación.
- 50 18. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la frecuencia con la que los reactores de la zona A y los reactores de la zona B experimentan un ciclo hacia atrás y hacia delante entre el modo de alquilación y el modo de regeneración suave oscila entre una vez por 10 horas y 10 veces por hora.
- 55 19. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato comprende uno o más reactores que contienen catalizador de alquilación de ácido sólido adicionales que pueden reemplazar a uno o más de los reactores en la zona A o la zona B para permitir que el catalizador en el reactor o reactores reemplazado(s) se sometan a regeneración a alta temperatura.
- 60 20. Procedimiento según la reivindicación 19, en el que la regeneración a alta temperatura se realiza a una temperatura en el intervalo de 423-873 K.
- 65 21. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos un reactor contiene al menos dos lechos de catalizador.
22. Procedimiento según la reivindicación 21, en el que el lecho de catalizador más aguas abajo en el al menos un reactor que contiene al menos dos lechos de catalizador es mayor que los otros lechos de catalizador en el mismo reactor.
23. Procedimiento según la reivindicación 21 ó 22, en el que el lecho de catalizador más aguas abajo en el al menos un reactor que contiene al menos dos lechos de catalizador contiene un catalizador diferente de los otros lechos de catalizador en el mismo reactor.

24. Procedimiento según una cualquiera de reivindicaciones 21-23, en el que se introduce el agente de alquilación en el al menos un reactor a través de al menos dos puntos de inyección.
- 5 25. Procedimiento según la reivindicación 24, en el que se sitúa un punto de inyección debajo del lecho de catalizador más aguas arriba en el reactor y los otros puntos de inyección se sitúan debajo de cada uno de los lechos de catalizador posteriores.
- 10 26. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el compuesto que puede alquilarse es isobutano y el agente de alquilación comprende alquenos C_3 - C_6 .
27. Procedimiento según la reivindicación 26, en el que el agente de alquilación es buteno o una mezcla de butenos.
- 15 28. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento se realiza a una presión en el intervalo de 5-40 bares.
29. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura en la zona en modo de alquilación está en el intervalo de 293-423 K.
- 20 30. Procedimiento según la reivindicación 29, en el que la temperatura, expresada en K, en la zona en modo de regeneración suave no difiere de la temperatura en la zona en modo de alquilación en más del 20%.
- 25 31. Procedimiento según la reivindicación 30, en el que la temperatura en la zona en modo de regeneración suave es la misma que la temperatura en la zona en modo de alquilación.

