



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 282 137**

51 Int. Cl.:
C07C 5/10 (2006.01)
C07C 13/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **00965592 .9**
86 Fecha de presentación : **04.08.2000**
87 Número de publicación de la solicitud: **1218323**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **03.07.2002**

54 Título: **Hidrogenación de benceno a ciclohexano.**

30 Prioridad: **29.09.1999 US 408358**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.10.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.10.2007

73 Titular/es: **Catalytic Distillation Technologies**
10100 Bay Area Boulevard
Pasadena, Texas 77507, US

72 Inventor/es: **Gildert, Gary, G.**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 282 137 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

Hidrogenación de benceno a ciclohexano.

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a la hidrogenación de benceno para producir ciclohexano. Más en particular, la invención se refiere a un procedimiento en el que la hidrogenación del benceno y la separación del producto por destilación se realizan simultáneamente en un reactor de columna de destilación.

Información afín

15 El ciclohexano es el principal precursor para la producción de productos de nailon y, como tal, su demanda sigue siendo fuerte. El ciclohexano se obtuvo primeramente por destilación fraccionada directa de adecuadas corrientes de refinería de petróleo en bruto. Convencionalmente, la reacción se lleva a cabo en fase vapor o mixta usando una reacción en lecho fluidizado. La temperatura en el reactor se controla para que sea de entre 175 y 260°C. Temperaturas más altas pueden conducir a limitaciones termodinámicas de la conversión de benceno en ciclohexano, el craqueado

20 térmico y a una mayor cantidad de subproductos.

Peterson y otros, en la patente U.S. n.º. 2.373.501, describen un procedimiento en fase líquida para la hidrogenación de benceno y obtención de ciclohexano, en el que se mantiene una diferencia de temperaturas entre la parte superior del lecho del catalizador en la que se suministra el benceno y la salida de la que se extrae el ciclohexano

25 sustancialmente puro. La diferencia de temperaturas se debe al cambio del calor de la reacción exotérmica liberado a medida que se convierte menos y menos benceno conforme disminuye la concentración de benceno. Específicamente, la parte superior del lecho de catalizador está a una temperatura más alta que la parte inferior del lecho de catalizador. El hidrógeno se suministra a contracorriente en la corriente de benceno/ciclohexano. Las espiras de control de la temperatura están situadas dentro del reactor para mantener la diferencia de temperatura si el calor de reacción no es

30 suficiente o para enfriar el lecho si se libera demasiado calor. Peterson reconoce que aunque el grueso de esta reacción se realiza en la fase líquida, una parte de benceno y ciclohexano se vaporizará, especialmente cerca de la cabecera del reactor donde la concentración de benceno es máxima y la conversión es máxima. Se dispone de un condensador de reflujo para condensar el material condensable y retornarlo al reactor. Así, se elimina una parte sustancial del calor de reacción por condensación de los reactivos vaporizados en el transcurso de la reacción. Peterson mantiene un nivel

35 de líquido por encima de la parte más alta del lecho de catalizador pero deja espacio para que los vapores escapen al condensador, donde se elimina el calor de reacción.

Larkin y otros, en la patente U.S. n.º. 5.189.233, describen otro procedimiento en fase líquida para la hidrogenación de benceno a ciclohexano. Sin embargo, Larkin y otros utilizan alta presión (175 kg/cm² man.) para mantener

40 los reactivos en estado líquido. Además, Larkin y otros describen el uso de catalizadores progresivamente más activos a medida que disminuye la concentración de benceno para controlar la temperatura y reacciones secundarias no deseadas.

Hui y otros, en la patente U.S. n.º. 4.731.496, describen un procedimiento en fase gas para la hidrogenación de benceno a ciclohexano sobre un catalizador específico. El catalizador que se indica es níquel soportado sobre una

45 mezcla de dióxido de titanio y dióxido de zirconio.

La hidrogenación de benceno es también útil para eliminar ese compuesto aromático de corrientes de gasolinas. Hsieh y otros, en la patente U.S. n.º. 5.210.348, describen un ejemplo de este procedimiento, en el que la hidrogenación

50 de la fracción de benceno es usa sola o en combinación con alquilación. La hidrogenación de benceno se describe que se realiza en una sola pasada convencional en un reactor de lecho estático. En algunos esquemas para la reducción de compuestos aromáticos de la gasolina se especifica el punto 90% de ASTM D-86 de manera que se excluyan los compuestos aromáticos y cíclicos y policíclicos insaturados de la mezcla de gasolina. Ésta se ha denominado un acopio de gasolina T-90 que tiene el deseado punto 90% de ASTM. Las colas de T-90+ resultantes, que son en su mayor parte

55 compuestos cíclicos y policíclicos insaturados, deben desecharse y su hidrogenación para producir compuestos más ligeros, más saturados, para la mezcla de gasolina es una alternativa atractiva.

Un problema típico con la hidrogenación de benceno a ciclohexano lo constituyen las reacciones competitivas. En particular, no es deseable la isomerización a metil-ciclopentano. Además, a temperaturas altas se produce la rotura del

60 anillo produciéndose indeseados productos C₅ y más ligeros. La patente U.S. n.º. 5.773.670 describe un procedimiento en el que se hidrogenan compuestos cíclicos y policíclicos insaturados (en particular, benceno). En el procedimiento descrito, el hidrógeno y los compuestos cíclicos y policíclicos insaturados se suministran juntos como corriente por debajo del lecho de catalizador al reactor de columna de destilación. Además, para conseguir una conversión completa del benceno en ciclohexano era necesario un reactor de pulido.

65 La patente U.S. n.º. 5.856.602 describe la hidrogenación de un compuesto aromático seleccionado contenido en una corriente de nafta alimentando con la corriente de nafta e hidrógeno un reactor de columna de destilación por debajo del lecho que contiene el catalizador.

Se ha encontrado que un reactor de destilación catalítica aguas abajo, esto es, un reactor en el que la corriente que contiene benceno se suministra por encima de la zona del catalizador, da una conversión muy alta. El subproducto principal en las reacciones convencionales es metilciclopentano, que no está presente en la presente reacción.

5 Sumario de la invención

La presente invención comprende suministrar benceno a un reactor de columna de destilación en un punto por encima del lecho del catalizador, y una corriente de hidrógeno, a una presión parcial de hidrógeno efectiva de como mínimo aproximadamente de 0,69 kPa a menos de 1380 kPa, preferiblemente a menos de 1173 kPa, en el intervalo de 517 a 1034 kPa, a un reactor de columna de destilación en un punto por debajo del lecho que contiene un catalizador de hidrogenación que es componente de una estructura de hidrogenación, e hidrogenar sustancialmente la totalidad del benceno.

El caudal de hidrógeno debe ajustarse de manera que sea suficiente para soportar la reacción de hidrogenación y reemplazar la pérdida de hidrógeno del catalizador, pero inferior a la que produce una inundación de la columna, que se entiende que es “la cantidad de hidrógeno efectiva”, que es el término que se utiliza en esta memoria. Por lo general, la relación molar de hidrógeno a benceno en la corriente de alimentación del lecho estático de la presente invención será de aproximadamente 3:1 a 15:1, preferiblemente de hasta aproximadamente 10:1.

El término “destilación reactiva” se usa para describir la reacción y el fraccionamiento concurrentes de una columna. A los fines de la presente invención, el término “destilación catalítica” incluye la destilación reactiva y cualquier otro proceso concurrente de reacción y destilación fraccionada en una columna, independientemente de la designación aplicada.

25 Breve descripción de los dibujos

La figura es un diagrama de flujo de una realización de la invención.

Descripción detallada de la invención

Para disponer de la temperatura deseada y controlar el tiempo de permanencia, se proporciona un procedimiento y un aparato en el que el líquido de reacción está en ebullición dentro de un reactor de columna de destilación. Se recogen las corrientes de cabecera y se condensan, retornando parte del condensado como reflujo al reactor de columna de destilación. La ventaja del procedimiento presente es que, debido al continuo reflujo, siempre se condensa sobre la estructura del catalizador parte del benceno.

La presente hidrogenación se puede realizar para producir ciclohexano sustancialmente puro a partir de benceno.

La hidrogenación aquí descrita es una reacción exotérmica. En el pasado, la temperatura se ha controlado por enfriamiento en puntos estratégicos en el interior del reactor añadiendo hidrógeno frío. La adición del hidrógeno también actuaba para mantener un exceso molar de hidrógeno con el fin de evitar la coquización y otras reacciones secundarias no deseadas. Se cree que la presente destilación catalítica con reacción es beneficiosa porque todos los componentes están en ebullición, por lo que la temperatura de reacción está controlada por el punto de ebullición de la mezcla a la presión del sistema y la reacción y la destilación se realizan concurrentemente en la misma columna de destilación con reacción. El calor de reacción simplemente crea más ebullición, pero no un aumento de la temperatura a una presión dada.

La presente invención pone en práctica el procedimiento en una columna de destilación con relleno del catalizador, que se puede apreciar que contiene una fase vapor y algo de fase líquida como en cualquier destilación. El reactor de columna de destilación funciona a una presión tal que la mezcla de reacción está a ebullición en el lecho del catalizador. El procedimiento presente para hidrogenar benceno funciona a una presión en la cabecera del mencionado reactor de columna de destilación en el intervalo entre 0 y 2413 kPa, preferiblemente inferior a 1380 kPa, como puede ser de 517 a 1380 kPa por encima de la presión atmosférica, y a temperaturas en la zona de colas de la mencionada reacción de destilación en el intervalo de 38 a 260°C, preferiblemente de 138 a 193°C. La velocidad de alimentación espacial ponderal por hora (WHSV), término que se entiende como el peso unidad de alimentación por hora que entra en la columna de destilación con reacción por unidad de peso de catalizador en las estructuras de destilación catalítica, puede variar en un intervalo muy amplio dentro de los otros perímetros de condición, por ejemplo, de 0,1 a 35.

En el presente procedimiento, la temperatura se controla haciendo funcionar el reactor a una presión dada para permitir la vaporización parcial de la mezcla de reacción. El calor de la reacción exotérmica se disipa así por el calor latente de vaporización de la mezcla. La porción vaporizada se recoge como material de cabecera y el material condensable se condensa y retorna a la columna como reflujo.

Sin limitar el ámbito de la invención, se sugiere que el mecanismo que produce la eficacia del presente procedimiento es la condensación de una parte de los vapores en el sistema de reacción, que ocluye suficiente hidrógeno en el líquido condensado para lograr el contacto íntimo requerido entre el hidrógeno y el benceno en presencia del catalizador para producir su hidrogenación. Además, la vaporización del material de alimentación elimina una cantidad sustancial de calor de la reacción exotérmica. Puesto que el líquido está en el reactor a la temperatura de ebullición, la

ES 2 282 137 T3

temperatura se puede controlar con la presión. Un aumento de la presión aumenta la temperatura y una disminución de la presión disminuye la temperatura.

El líquido que fluye hacia abajo causa una condensación adicional dentro del reactor como acaece normalmente en cualquier destilación. El contacto del líquido que se condensa con la columna proporciona una excelente transferencia de masas para disolver el hidrógeno dentro del líquido de reacción y la concurrente transferencia de la mezcla de reacción a los sitios catalíticos. Se cree que este modo de condensación da por resultado la excelente conversión y selectividad del procedimiento que se considera y permite funcionar a las inferiores presiones parciales de hidrógeno y más bajas temperaturas de reacción mencionadas. Otro beneficio que esta reacción puede aportar de la destilación catalítica es el efecto de lavado que proporciona el reflujo interior al catalizador, reduciendo así la acumulación de polímero y la coquización. El reflujo interior que puede variar en un intervalo de 0,2 a 20 L/D (peso de líquido justo debajo del lecho del catalizador/peso del destilado) da resultados excelentes.

Una realización preferente es la producción de ciclohexano por la hidrogenación de benceno. Cuando el producto es ciclohexano, el material de alimentación que contiene benceno se caracteriza por contener preferiblemente como mínimo 5% en peso de benceno hasta 100% en peso. Típicamente, otros componentes son hidrocarburos C₅, C₆ y C₇. Puesto que se pueden hidrogenar otros compuestos insaturados, la presencia de estos compuestos es perjudicial para el proceso cuando el producto deseado es ciclohexano. Preferiblemente, la cantidad de otros compuestos insaturados debe limitarse a menos de 30% del suministro. El diluyente preferido es ciclohexano, puesto que es el producto deseado. Sin embargo, son aceptables otros materiales inertes tales como otros alcanos, por ejemplo, de C₅ hasta C₉.

El presente procedimiento es también satisfactoriamente adecuado para eliminar benceno de corrientes reformadas, por lo que se pueden usar como acopio de mezcla de gasolina por hidrogenación selectiva. El funcionamiento operativo del reactor de columna de destilación para mantener una fracción aromática deseada en la zona activa de reacción se describe en la patente U.S. n°. 5.856.602.

Como se describe, el material catalítico empleado en el procedimiento de hidrogenación es en forma de relleno para destilación. Resumidamente, el material catalítico es un componente de un sistema de destilación que funciona como catalizador y como relleno de destilación, esto es, un relleno para columna de destilación que tiene tanto función de destilación como función catalítica.

El sistema de reacción se puede describir como heterogéneo puesto que el catalizador permanece como entidad distinta. Se puede usar cualquier catalizador de destilación, por ejemplo, metales del Grupo VIII de la Tabla Periódica de Elementos como componente catalítico principal, solos o con promotores y modificadores, tales como paladio/oro, paladio/plata, cobalto/zirconio, níquel preferiblemente depositado sobre un soporte tal como alúmina, ladrillo resistente al fuego, piedra pómez, carbón, sílice o resina.

Entre los metales que se conoce que catalizan la reacción de hidrogenación están platino, renio, cobalto, molibdeno, níquel, wolframio y paladio. Generalmente, las formas comerciales de catalizadores son óxidos de estos metales sobre soporte. El óxido se reduce a la forma activa antes de usarlo con un agente reductor o durante el uso con hidrógeno en el material de alimentación. Estas aleaciones catalizan también otras reacciones, muy notablemente la deshidrogenación a temperaturas elevadas. Además, pueden promover la reacción de compuestos olefinicos con ellos mismos u otras elefinas para producir dímeros u oligómeros a medida que se aumenta el tiempo de permanencia.

El catalizador se puede preparar en forma de una estructura de destilación catalítica. Más en particular, por lo general, el catalizador de hidrogenación es un metal sobre soporte de alúmina en forma de extruido o esfera. Los extruidos o esferas se ponen en recipientes porosos y están soportados adecuadamente en el reactor de columna de destilación para permitir el paso de vapor a través del lecho y proporcionan una superficie suficiente para el contacto catalítico.

El componente catalizador puede tener varias formas. En el caso de material catalítico en partículas, por lo general, polvos de 60 mm a aproximadamente 1 mm se ponen en un recipiente poroso tal como un tamiz de alambre o una malla de polímero. El material usado para hacer el recipiente debe ser inerte a los reactivos y frente a las condiciones del sistema de reacción. El alambre del tamiz puede ser, por ejemplo, de aluminio, acero o acero inoxidable. La malla de polímero puede ser de nailon, teflón o similar. La malla o las espiras por cm del material usado para hacer el recipiente es tal que el catalizador queda retenido y no pasará a través de las aberturas del material. Aunque se pueden usar partículas del catalizador de un tamaño de aproximadamente 0,15 mm o polvos y en los recipientes se pueden usar partículas de hasta aproximadamente 6 mm de diámetro.

Una estructura de catalizador preferida para la hidrogenación de benceno comprende como mínimo una pluralidad de elementos tubulares flexibles, semirrígidos, de una malla abierta rellenos con material catalítico en partículas (componente catalizador) y cerrados en ambos extremos, íntimamente asociados con, y soportados por, una malla de alambre arrollado en una espiral que tiene un eje longitudinal, elemento tubular que está dispuesto en ángulo con el eje longitudinal formando un fardo y que se describe detalladamente en la patente U.S. n°.5.431.890. El elemento tubular flexible, semirrígido de malla abierta, relleno con un material catalítico en partículas, preferiblemente tiene una sujeción cada 2,5-30,5 cm a lo largo del tubo para formar una estructura de destilación catalítica con uniones múltiples. Las uniones formadas por las sujeciones pueden estar distribuidas uniformemente o irregularmente.

Las estructuras de destilación catalítica con forma de fardo se forman poniendo como mínimo un elemento tubular en la parte superior de un tamiz de malla de alambre, como puede ser un alambre de parrillas descongela-
ción, en disposición diagonal, de manera que cuando un tamiz de malla se enrolla, la estructura enrollada proporciona una
estructura de destilación catalítica nueva y mejorada. Otras realizaciones incluyen disposiciones múltiples de rimeros o
5 alternativas de malla de alambre y elementos tubulares que se enrollan para formar una nueva estructura de destilación
catalítica en forma de fardo. Los elementos tubulares de capas que se alternan preferiblemente están alineados en
la malla del tamiz de alambre en direcciones opuestas de manera que sus trayectorias se cruzan. Cada elemento tubular
delimitará una espiral dentro del fardo.

En la patente U.S. nº. 5.730.843 se describe una estructura muy preferida de un catalizador de hidrogenación.
En ella se describe una estructura de contacto útil como estructura de destilación que tiene un marco rígido he-
cho de dos enrejados duplicados sustancialmente verticales separados y mantenidos rígidos por una pluralidad de
miembros rigidizadores, sustancialmente horizontales, y una pluralidad de tubos de malla de alambre sustancialmente
horizontales montados en las rejillas para formar una pluralidad de pasos para el fluido entre los tubos. Al menos
15 una parte de los tubos de la malla de alambre contiene un material catalítico en partículas. El catalizador que es-
tá dentro de los tubos proporciona una zona de reacción en la que pueden tener lugar las reacciones catalíticas y
la malla de alambre proporciona unas superficies de transferencia de masas para efectuar una destilación fracciona-
da. Los elementos distanciadores proporcionan una variación de la densidad del catalizador y la carga e integridad
estructural.

Considerando ahora la figura, en ella se presenta un diagrama de flujo que corresponde a la hidrogenación de
benceno. El benceno se aporta por el tubo 1 en un punto por encima del lecho 12 del catalizador y el hidrógeno se
aporta por el conducto 2 en un punto por debajo del lecho 12 del catalizador contenido en el reactor de columna
de destilación 10. Si se desea, el suministro de benceno se puede diluir con ciclohexano. El calor necesario para
25 iniciar la reacción y equilibrar el proceso se proporciona haciendo circular la corriente 4 de colas a través de la
caldera de ayuda 50 y el tubo de retorno 5. El benceno fluye hacia abajo al lecho en el que una parte reacciona con
el hidrógeno que asciende para formar una mezcla de reacción que contiene el ciclohexano producto de reacción,
benceno sin reaccionar e hidrógeno sin reaccionar. El calor de la reacción exotérmica causa que hierva más mezcla
de reacción, saliendo la porción vaporizada de la columna como material de cabecera por la tubería 7. El hidrógeno
30 sin reaccionar sale también con el material de cabecera. El material gaseoso de cabecera que contiene benceno sin
reaccionar, ciclohexano, componentes ligeros e hidrógeno se hace pasar a través del condensador 30, en el que se
condensa sustancialmente la totalidad del benceno y el ciclohexano. La corriente de cabecera se hace pasar luego a
través del receptor/separador 40 en el que el gas, que en su mayor parte es hidrógeno, se separa y se recoge el líquido.
El gas se elimina por el conducto 9 para su reciclado o uso posterior.

La totalidad del líquido condensado retorna a la columna de destilación como reflujo a través del conducto 6 que
proporciona un enfriamiento y condensación adicionales dentro de la columna. Las colas, que contienen una pequeña
cantidad de benceno y ciclohexano, se eliminan por la tubería de corriente 4 haciéndose recircular una parte a través
de la caldera de ayuda 50 y la tubería de corriente 3. No se incorporan productos líquidos de cabecera. La totalidad
40 del producto se recoge como colas por la tubería 8.

La presente invención permite usar presiones parciales de hidrógeno mucho más bajas y temperaturas algo más
bajas que los procedimientos anteriores para obtener los mismos resultados con una conversión de benceno de aproxi-
madamente 100% y una selectividad de 100% a favor del ciclohexano.

Ejemplo 1

Se usó un reactor de columna de destilación de 7,6 cm de diámetro. La estructura rígida del catalizador se relleno
con 3,07 kg de catalizador Crosfield HTC-400 (Ni al 12% sobre alúmina) como se ha descrito antes y se puso en el
centro de 2,7 m del reactor en el relleno como se describe en la patente U.S. nº. 5.730.843. Los 15 m del fondo se
rellenaron con relleno inerte de destilación.

ES 2 282 137 T3

Las condiciones típicas se recogen en la siguiente Tabla 1.

TABLA 1

Tiempo de la corriente (h)	134	254	314
Presión por encima de la atmosférica	1380 kPa	1380 kPa	1380 kPa
Temperatura de reacción:			
parte superior del lecho del catalizador	186°C	194°C	195°C
lecho del fondo de catalizador	177°C	176°C	174°C
Velocidad de reflujo interno (L/F)	23,6	19,1	15,5
Velocidad de alimentación (líquido) por hora	1,4 kg	2,7 kg	3,7 kg
	71 l/s	71 l/s	71 l/s
Caudal de hidrógeno gas	9,9	5,2	3,8
Relación molar H ₂ /benceno			
Benceno en el material de alimentación, % en peso	99,93	99,93	99,93
H ₂ pp	521 kPa	535 kPa	551 kPa
Benceno en colas, peso	8 ppm	<250 ppm	6,1%
Análisis de colas, % en peso de Ciclohexano	99,9	99,6	93,1

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la producción de ciclohexano por hidrogenación de benceno, que comprende las etapas de:
 - (a) suministrar una primera corriente que comprende benceno a un reactor de columna de destilación que contiene un lecho de catalizador de hidrogenación;
 - (b) suministrar una segunda corriente que comprende hidrógeno al mencionado reactor de columna de destilación en un punto por debajo del mencionado lecho;
 - (c) poner en contacto el benceno y el hidrógeno a una presión parcial de hidrógeno de 0,69 kPa a 1380 kPa en presencia de un catalizador de hidrogenación, reaccionando por ello una parte del benceno con una parte del hidrógeno para formar una mezcla de reacción que contiene ciclohexano, e hidrógeno sin reaccionar y benceno sin reaccionar;
 - (d) mantener la presión en el reactor de columna de destilación de manera que una parte de la mezcla de reacción esté a ebullición;
 - (e) eliminar los gases de cabecera, componentes de la mezcla de reacción e hidrógeno del reactor de columna de destilación;
 - (f) condensar una parte del material de cabecera del reactor de la columna de destilación, y
 - (g) retornar una parte del material de cabecera condensado al reactor de columna de destilación como reflujo,

caracterizado porque la mencionada primera corriente se suministra en un punto por encima del mencionado lecho del catalizador de hidrogenación.
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la presión en la cabecera del reactor de columna de destilación es de entre 0 y 2413 kPa por encima de la atmosférica.
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la presión parcial de hidrógeno es de entre 0,69 y 1172 kPa.
4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la presión parcial de hidrógeno es de entre 517 y 1034 kPa.
5. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la presión total es de aproximadamente 1380 kPa por encima de la atmosférica, la temperatura de reacción en el mencionado lecho es de 174 a 195°C y más de 50% del benceno reacciona con hidrógeno para formar ciclohexano.
6. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la relación molar de hidrógeno al suministro de benceno es de 3,0 a 15,0:1.
7. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el mencionado material de cabecera comprende benceno, ciclohexano e hidrógeno y la totalidad del benceno y ciclohexano de cabecera se condensa y retorna al reactor de columna de destilación como reflujo.
8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que producto líquido de colas que comprende benceno y ciclohexano se retira del reactor de columna de destilación.
9. Procedimiento para la producción de ciclohexano por hidrogenación de benceno según la reivindicación 1, que comprende las etapas de
 - (a) suministrar una primera corriente que comprende benceno a un reactor de columna de destilación que contiene un lecho de catalizador de hidrogenación;
 - (b) suministrar una segunda corriente que contiene hidrógeno al mencionado reactor de columna de destilación en un punto por debajo del mencionado lecho, hidrógeno que está en una relación molar con el benceno de entre 3,0 y 10,0;
 - (c) poner en contacto el benceno y el hidrógeno a una presión total de cabecera en el intervalo de 517 a 1379 kPa por encima de la atmosférica, una presión parcial de hidrógeno en el intervalo de 517 a 1034 kPa y una temperatura de reacción entre 138 y 193°C, en presencia de un catalizador de hidrogenación preparado en forma de una estructura de hidrogenación catalítica, reaccionando por ello sustancialmente la totalidad

ES 2 282 137 T3

del benceno con una parte del hidrógeno para formar una mezcla de reacción que contiene ciclohexano e hidrógeno sin reaccionar;

(d) mantener la presión en el reactor de columna de destilación de manera que una parte de la mezcla de reacción esté a ebullición a la temperatura de reacción en el lecho mencionado;

(e) eliminar benceno gaseoso, ciclohexano e hidrógeno como material de cabecera del reactor de columna de destilación;

(f) condensar sustancialmente la totalidad del benceno y ciclohexano eliminado como material de cabecera del reactor de la columna de destilación;

(g) retornar sustancialmente la totalidad del benceno condensado y el ciclohexano al reactor de columna de destilación como reflujo, y

(h) retirar un producto líquido de las colas que contiene ciclohexano de la columna de destilación,

caracterizado porque la mencionada primera corriente se suministra en un punto por encima del mencionado lecho de catalizador de hidrogenación.

