

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 629**

51 Int. Cl.:
C07D 301/12 (2006.01)
B01D 53/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05732268 .7**
96 Fecha de presentación: **19.04.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1740562**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.01.2007**

54 Título: **UN MÉTODO PARA SEPARAR UNA OLEFINA DE UNA CORRIENTE DE GAS.**

30 Prioridad:
21.04.2004 US 828291

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.03.2012

73 Titular/es:
BASF SE
67056 Ludwigshafen, DE y
THE DOW CHEMICAL COMPANY

72 Inventor/es:
GÖBBEL, Hans-Georg;
SCHULTZ, Henning;
SCHULTZ, Peter;
PATRASCU, Renate;
SCHULZ, Malte y
WEIDENBACH, Meinolf

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 375 629 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

Un método para separar una olefina de una corriente de gas

Campo de la Invención

5 La presente invención se relaciona con un método para separar una olefina de una corriente de gas, dicha corriente de gas comprende la olefina y por lo menos otro componente, dicho método comprende

(i) comprimir y refrigerar la corriente de gas;

(ii) separar la olefina de la corriente de gas al absorber la olefina en un absorbente;

(iii) separar la olefina del absorbente mediante desorción;

10 en donde comprimir o enfriar o comprimir y refrigerar en (i) se lleva a cabo por lo menos dos veces, preferiblemente tres veces. De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la olefina es propeno. De acuerdo con otra realización preferida, la corriente de gas es una corriente de efluente gaseoso de un proceso de epoxidación en el que una olefina, preferiblemente propeno se hace reaccionar con por lo menos un hidroperóxido, preferiblemente peróxido de hidrógeno para dar el óxido de olefina, preferiblemente el óxido de propeno. Por lo tanto, de acuerdo con una realización más preferida, el proceso de separación descrito anteriormente es parte de un
15 proceso, preferiblemente un proceso altamente integrado para producir un óxido de olefina.

Antecedentes de la invención

Se sabe que en la oxidación de las olefinas por medio de hidroperóxidos para dar óxidos de olefina (oxiranos), la selectividad de la formación de óxido de olefina se reduce significativamente y se eleva el nivel de reacciones secundarias indeseables cuando se aumenta la conversión de la olefina. Para ser capaz de lograr una alta selectividad sobre 95 % a pesar de esto, estas reacciones, especialmente en una escala industrial, por lo tanto se
20 llevan a cabo preferiblemente solo en una conversión de olefina de aproximadamente 60 – 95 %.

También se sabe aislar la olefina sin reaccionar del proceso de reacción y luego hacerla recircular en el proceso de oxidación. Así, un proceso en el que una mezcla de gas que comprende la olefina y el oxígeno que origina la reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno utilizado como hidroperóxido en la oxidación se separa y se
25 ha propuesto que la olefina se absorba de la mezcla de gas en un medio de absorción líquido. En este proceso, se agrega una cantidad suficiente de un gas inerte al oxígeno para evitar la formación de composiciones de gas inflamables (EPB- 0 719 768). En una realización preferida, se utiliza este proceso de EP-B-0 719 768 para recuperar propeno de la reacción de propeno con peróxido de hidrógeno para dar óxido de propeno. El gas inerte utilizado es preferiblemente metano y el medio de absorción líquido utilizado es una mezcla que comprende
30 isopropanol y agua. También se pueden utilizar hidrocarburos inferiores tales como heptano y octano y también metanol y acetona, pero menos ventajosamente, en este proceso. Sin embargo, una desventaja del proceso mencionado anteriormente es que un gas adicional, en particular metano, además de la corriente de gas que se ha cargado en la columna utilizada para la absorción. Esta medida está destinada a evitar la formación de mezclas explosivas en la mezcla de gas como resultado del contenido de oxígeno. La baja solubilidad de la olefina en
35 isopropanol que contiene agua también es una desventaja en este proceso. Por ejemplo, con base en la descripción, es necesario utilizar mezclas de solvente que tengan un contenido de agua de 30.6 mol% a 57.2 mol%. Este alto contenido de agua reduce la solubilidad de la olefina en el isopropanol. Por esta razón, se han utilizado cantidades relativamente grandes con el fin de ser capaces de recuperar la olefina de la corriente de efluente gaseoso mediante absorción.

40 La EP-A-0 583 828 describe un proceso de oxidación de óxido de etileno directo en donde el óxido de etileno que resulta de la oxidación directa se absorbe y así se separa de la corriente del producto de epoxidación. Como agentes de absorción, especialmente son adecuadas las mezclas de parafinas C10 a C13. Explícitamente, se describen dodecano y tridecano. Se describen parafinas mayores cuando sea posible pero son menos efectivas. Aunque se describe un proceso en donde se puede comprimir una corriente que comprende una olefina, la EP-A- 0
45 583 828 se inactiva sobre un proceso que comprende dos etapas posteriores, la primera etapa es una etapa de compresión y la segunda etapa es una etapa de enfriamiento. Más aún, la EPA- 0 583 828 está dirigida a un proceso en el que, antes de la absorción de etileno, se ha retirado el dióxido de carbono de la corriente de gas, y se describe la etapa de compresión cuando es esencial para la remoción solo de dióxido de carbono.

50 La DE-AS-1 212 507 describe un método para producir óxidos alquilenos de alquenos tales como propeno utilizando gases que contienen oxígeno en donde el alqueno se separa de una mezcla de gas mediante absorción en un hidrocarburo que tiene un alto punto de ebullición, por ejemplo tetradecano. En el contexto de este documento, se

5 describe que una corriente de gas compuesta de oxígeno o una corriente de gas que comprende oxígeno se utilizan para retirar el alqueno del agente absorbente, la corriente de gas resultante se hace recircular en el proceso de oxidación. En el contexto de DE-AS-1 212 507, se describe una etapa de proceso en la que una corriente de gas que, después de una etapa de lavado, contiene propeno, nitrógeno, óxido de carbono y ácido carbónico, se divide y una parte se comprime y posteriormente, sin enfriar, se introduce en un absorbente en donde la corriente de gas se pone en contacto con combustible diesel.

10 La US 5,599,955 describe un método para producir óxido de propeno en donde, en una zona de epoxidación, se epoxida una corriente de propeno utilizando una solución de peróxido de hidrógeno acuosa. Una corriente de efluente gaseoso que resulta de esta epoxidación que contiene el propeno sin reaccionar se seca en un secador lleno con un absorbente, la corriente resultante se hace recircular en una zona de producción de olefina.

15 La WO 02/102496 A1 describe un método para la recuperación de componentes de combustible de una corriente de gas que comprende los componentes de combustible y oxígeno mediante absorción selectiva de los componentes de combustible en un solvente. Como componentes de combustible, se mencionan óxido de propeno y propeno. Como solventes adecuados, se describe genéricamente los solventes orgánicos usuales tales como alcoholes, hidrocarburos alifáticos o aromáticos o cetonas. Como el solvente preferido, los compuestos que describen la corriente de gas se derivan antes de absorción. De acuerdo con la WO 02/102496 A1, la corriente de gas que comprende componentes de combustible se introduce directamente en la unidad de absorción, y no se menciona ni una etapa de compresión ni una etapa de enfriamiento.

20 Es un objeto de la presente invención proporcionar un método mejorado para separar una olefina de una corriente de gas, dicha corriente de gas comprende la olefina y por lo menos otro componente, por medio de lo cual es posible lograr una recuperación más efectiva de la olefina de dicha corriente de gas que en el proceso de la técnica anterior.

Es un objeto adicional de la presente invención proporcionar un proceso mejorado para separar una olefina de una corriente de gas, dicha corriente de gas comprende adicionalmente oxígeno, mediante un proceso de absorción en donde no se ha agregado gas inerte adicional a la unidad de absorción utilizada.

25 Resumen de la invención

La presente invención proporciona un método para separar una olefina de una corriente de gas, dicha corriente de gas comprende la olefina y por lo menos otro componente, dicho método comprende

(i) comprimir y refrigerar la corriente de gas;

(ii) separar la olefina de la corriente de gas al absorber la olefina en un absorbente;

30 (iii) separar la olefina del absorbente mediante desorción; en donde comprimir o enfriar o comprimir y refrigerar en (i) se lleva a cabo por lo menos dos veces.

Una realización de la presente invención proporciona un método para separar propeno de una corriente de gas, que comprende el propeno y por lo menos otro componente, dicho método comprende

(i) comprimir y refrigerar la corriente de gas;

35 (ii) separar el propeno de la corriente de gas al absorber el propeno en un absorbente;

(iii) separar el propeno del absorbente mediante desorción;

en donde comprimir o enfriar o comprimir y refrigerar en (i) se lleva a cabo dos veces o tres veces.

Una realización adicional de la presente invención proporciona un método para separar una olefina de una corriente de gas, que comprende la olefina y por lo menos otro componente, dicho método comprende

40 (i) comprimir y refrigerar la corriente de gas;

(ii) separar la olefina de la corriente de gas al absorber la olefina en un absorbente, dicho absorbente tiene un punto de ebullición de 200 a 300 °C una presión estándar y es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2} en donde n es de 10 a 20, dicha mezcla comprende el hidrocarburo $C_{14}H_{30}$ en una cantidad de 30 por ciento en peso de la mezcla o más;

(iii) separar la olefina del absorbente mediante desorción;

en donde comprimir o enfriar o comprimir y refrigerar en (i) se lleva a cabo dos veces o tres veces.

Una realización adicional de la presente invención proporciona un método para separar propeno de una corriente de gas, dicha corriente de gas es una corriente de efluente gaseoso de un proceso de epoxidación, dicho proceso de epoxidación comprende hacer reaccionar propeno con peróxido de hidrógeno en la presencia de un catalizador de zeolita de titanio y metanol como solvente para dar una corriente de producto, dicho proceso de epoxidación comprende adicionalmente separar óxido de propeno de dicha corriente de producto para dar dicha corriente de efluente gaseoso, dicha corriente de efluente gaseoso comprende propeno, metanol, y agua, dicho método comprende

5 (i) comprimir la corriente de efluente gaseoso a una presión de 13 a 18 bar y refrigerar la corriente de efluente gaseoso comprimida a una temperatura de 30 a 45 °C y repetir la compresión y el enfriamiento una vez o dos veces, en donde de 50 a 80 por ciento en peso del propeno, de 60 a 99 por ciento en peso del metanol y/o de 45 a 90 por ciento en peso del agua, comprimida en la corriente de efluente gaseoso, se condensan y se hacen recircular en dicha reacción de epoxidación;

15 (ii) separar el propeno de la corriente de efluente gaseoso comprimida y enfriada al absorber el propeno a una presión de 13 a 18 bar en un absorbente, dicho absorbente tiene un punto de ebullición de 200 a 300 °C a presión estándar y es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2} en donde n es de 13 a 15, dicha mezcla comprende el hidrocarburo $C_{14}H_{30}$ en una cantidad de 30 por ciento en peso de la mezcla o más;

(iii) separar el propeno del absorbente mediante desorción en una columna de separación a una presión de 12 a 28 bar y una temperatura de 50 a 200 °C, y recircular el absorbente en (ii);

20 (iv) recircular la corriente de propeno obtenida en (iii) en dicha reacción de epoxidación.

Una realización adicional de la presente invención proporciona un proceso integrado para producir óxido de propeno, dicho proceso comprende hacer reaccionar propeno con peróxido de hidrógeno en la presencia de un catalizador de zeolita de titanio y metanol como solvente para dar una corriente de producto, dicha corriente de producto comprende propeno, óxido de propeno, metanol, y agua, dicho proceso comprende adicionalmente separar óxido de propeno de dicha corriente de producto para dar la corriente de efluente gaseoso, que comprende propeno, metanol, por lo menos un gas inerte, 7 % en peso oxígeno o menos, y agua, dicho método integrado comprende adicionalmente

25 (i) comprimir la corriente de efluente gaseoso a una presión de 13 a 18 bar y refrigerar la corriente de efluente gaseoso comprimida a una temperatura de 30 a 45 °C y repetir la compresión y el enfriamiento una vez o dos veces, en donde de 50 a 80 por ciento en peso del propeno, de 60 a 99 por ciento en peso del metanol y/o de 45 a 90 por ciento en peso del agua, comprimida en la corriente de efluente gaseoso, se condensan y se hacen recircular en dicha reacción de epoxidación;

35 (ii) separar el propeno de la corriente de efluente gaseoso comprimida y enfriada al absorber el propeno a una presión de 13 a 18 bar en un absorbente, dicho absorbente tiene un punto de ebullición de 200 a 300 °C a presión estándar y es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2} en donde n es de 13 a 15, dicha mezcla comprende el hidrocarburo $C_{14}H_{30}$ en una cantidad de 30 por ciento en peso de la mezcla o más;

40 (iii) separar el propeno del absorbente en una columna de separación a una presión de 16 a 25 bar y una temperatura de 50 a 200 °C, recircular el propeno obtenido en (iii) en dicha reacción de epoxidación, purificar el absorbente obtenido en un vaporizador de circulación forzado a una presión de 0.5 a 4 bar y recircular el absorbente purificado en (ii).

Una realización adicional de la presente invención proporciona un proceso integrado para producir óxido de propeno, dicho proceso comprende hacer reaccionar propeno con peróxido de hidrógeno en la presencia de un catalizador de zeolita de titanio y metanol como solvente para dar una corriente de producto, dicha corriente de producto comprende propeno, óxido de propeno, metanol, y agua, dicho proceso comprende adicionalmente separar óxido de propeno de dicha corriente de producto para dar la corriente de efluente gaseoso, que comprende propeno, metanol, por lo menos un gas inerte, 7 % en peso oxígeno o menos, y agua, dicho método integrado comprende adicionalmente

45 (i) comprimir la corriente de efluente gaseoso a una presión de 13 a 18 bar y refrigerar la corriente de efluente gaseoso comprimida a una temperatura de 30 a 45 °C y repetir la compresión y el enfriamiento una vez o dos veces, en donde de 50 a 80 por ciento en peso del propeno, de 60 a 99 por ciento en peso del metanol y/o de 45 a 90 por ciento en peso del agua, comprimida en la corriente de efluente gaseoso, se condensan y se hacen recircular en dicha reacción de epoxidación;

- (ii) separar el propeno de la corriente de efluente gaseoso comprimida y enfriada al absorber el propeno a una presión de 13 a 18 bar en un absorbente, dicho absorbente tiene un punto de ebullición de 200 a 300 °C a presión estándar y es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2} en donde n es de 13 a 15, dicha mezcla comprende el hidrocarburo $C_{14}H_{30}$ en una cantidad de 30 por ciento en peso de la mezcla o más;
- 5 (iii) separar el propeno del absorbente en una columna de separación a una presión de 16 a 25 bar y una temperatura de 50 a 200 °C, recircular el propeno obtenido en (iii) en dicha reacción de epoxidación, purificar el absorbente obtenido en un vaporizador de circulación forzado a una presión de 0.5 a 4 bar y recircular el absorbente purificado en (ii);
- (iv) recircular la corriente de propeno obtenida en (iii) en dicha reacción de epoxidación;
- 10 (v) recircular parcialmente las corrientes inferiores obtenidas de una columna de absorción utilizada en (ii), en dicha columna de absorción.

Descripción de las figuras

Figura 1 describe un ejemplo para llevar a cabo el método de acuerdo con la presente invención.

- 15 Figura 2 describe un ejemplo comparativo en donde se lleva a cabo solo una etapa de compresión y solo una etapa de condensación.

Descripción detallada de la invención

La presente invención proporciona un método para separar una olefina de una corriente de gas, dicha corriente de gas comprende la olefina y por lo menos otro componente, dicho método comprende

- 20 (i) comprimir y refrigerar la corriente de gas;
- (ii) separar la olefina de la corriente de gas al absorber la olefina en un absorbente;
- (iii) separar la olefina del absorbente mediante desorción; en donde comprimir o enfriar o comprimir y refrigerar en (i) se lleva a cabo por lo menos dos veces.

25 Por lo tanto, la corriente de gas se puede comprimir dos veces y se enfría una vez. Por lo tanto, es posible comprimir la corriente de gas, refrigerar la corriente de gas comprimida y comprimir la corriente de gas enfriada. También es posible comprimir la corriente de gas dos veces y posteriormente refrigerar la corriente de gas. También es posible refrigerar la corriente de gas, comprimir la corriente de gas enfriada y refrigerar la corriente de gas comprimida resultante. De acuerdo con una realización preferida, se lleva a cabo compresión y enfriamiento por lo menos dos veces. Por lo tanto, de acuerdo con una realización de la presente invención, se comprime una corriente de gas que comprende la olefina y por lo menos otro componente, se enfría la corriente de gas comprimida, se comprime de nuevo la corriente de gas refrigerada y se enfría de nuevo la corriente de gas comprimida. De acuerdo con una realización especialmente preferida, la compresión y el enfriamiento se lleva a cabo tres veces en donde, de acuerdo con una realización especialmente preferida, después de una etapa de compresión, se realiza una etapa de enfriamiento.

35 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la corriente de gas comprende la olefina y por lo menos un compuesto adicional que se puede separar de la olefina al refrigerar la corriente de gas comprimida. Así, la corriente de gas que comprende la olefina y dicho por lo menos un compuesto adicional se comprime preferiblemente a una presión adecuada en por lo menos un aparato de compresión y posteriormente se enfría a una temperatura adecuada en por lo menos un aparato de enfriamiento adecuado en donde, en por lo menos un aparato de enfriamiento adecuado, por lo menos uno de los compuestos adicionales por lo menos parcialmente, preferiblemente esencialmente completamente se condensa mientras que solo se condensa parcialmente la olefina. El proceso de acuerdo con la presente invención se lleva a cabo preferiblemente de tal manera que por lo menos uno de los compuestos adicionales se retira esencialmente de la corriente de gas mediante las etapas de compresión y de enfriamiento.

45 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la corriente de gas introducida en (i) comprende la olefina, por lo menos un alcohol, preferiblemente metanol, y agua, la olefina es especialmente preferiblemente propeno. En este caso, se prefiere comprimir la corriente de gas, preferiblemente al comprimir y refrigerar dos veces, aún más preferiblemente al comprimir y refrigerar tres veces, a una presión final preferida, después de la etapa de

enfriamiento final, en el rango de 2 a 30 bar, más preferiblemente de 5 a 25 bar, más preferiblemente de 10 a 20 bar, más preferiblemente de más de 10 bar a 20 bar, más preferiblemente en el rango de 11 a 19 bar, y aún más preferiblemente en el rango de 13 a 18 bar.

5 En cada etapa de compresión, la relación de compresión está en el rango preferido de 1.5 a 4, más preferiblemente de 1.7 a 3.3, más preferiblemente de 2 a 3 y especialmente preferiblemente de 2.2 a 2.7.

Se puede llevar a cabo la compresión utilizando los aparatos habituales, por ejemplo compresores de pistón, compresores de diafragmas, compresores de tornillo y compresores rotatorios. Es posible utilizar diferentes aparatos para cada etapa de compresión. Se prefiere el uso del mismo tipo de aparato para todas las etapas de compresión.

10 Después de cada etapa de compresión, la corriente de gas comprimida que comprende olefina, preferiblemente propeno, por lo menos un alcohol, preferiblemente metanol, y agua, se enfría a una temperatura en el rango preferido de 20 a 70 °C, más preferiblemente de 20 a 60 °C, más preferiblemente de 30 a 60 °C, más preferiblemente de 20 a 50 °C, aún más preferiblemente en el rango de 25 a 50 °C y especialmente preferiblemente en el rango de 30 a 45 °C.

15 Se puede llevar a cabo el enfriamiento utilizando los aparatos habituales, tales como intercambiadores de calor que pueden tener cualquier configuración esencial. Ejemplos de configuraciones del intercambiador de calor son intercambiadores de calor de tubo y cubierta, intercambiadores de calor de bobina o intercambiador de calor de placa. Para los propósitos de la presente invención, se da preferencia a utilizar un intercambiador de calor que se configura como intercambiador de calor de tubo y cubierta. Como refrigerante, se puede emplear cualquier medio concebible. Los refrigerantes preferidos son, entre otros, agua de río común o refrigerante secundario tal como agua de refrigeración secundaria.

20 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención en donde se lleva a cabo preferiblemente la compresión no en una etapa sino en por lo menos dos, más preferiblemente tres etapas con enfriamiento entre las etapas de compresión individuales, y todavía más preferiblemente con enfriamiento adicional después de la última etapa de compresión, el proceso actual tiene la ventaja de la temperatura de compresión final que es capaz de mantenerse fácilmente dentro del rango permisible.

25 De acuerdo con la presente invención, se prefiere que de 30 a 90 % en peso, más preferiblemente de 35 a 85 % en peso, más preferiblemente de 40 a 85 % en peso y especialmente preferiblemente de 50 a 80 % en peso de la olefina, preferiblemente propeno, comprimida en la corriente de gas se condensan en (i), preferiblemente después de por lo menos dos etapas de compresión y dos etapas de enfriamiento y especialmente después de tres etapas de compresión y tres etapas de enfriamiento.

30 Se prefiere que de 40 a 99 % en peso, más preferiblemente de 50 a 99 % en peso y especialmente preferiblemente de 60 a 99 % en peso del metanol comprimida en la corriente de gas se condensan en (i), preferiblemente después de por lo menos dos etapas de compresión y dos etapas de enfriamiento y especialmente después de tres etapas de compresión y tres etapas de enfriamiento.

35 Se prefiere que de 35 a 99 % en peso, más preferiblemente de 40 a 99 % en peso, más preferiblemente de 40 a 95 % en peso y especialmente preferiblemente de 45 a 90 % en peso del agua comprimida en la corriente de gas se condensan en (i), preferiblemente después de por lo menos dos etapas de compresión y dos etapas de enfriamiento y especialmente después de tres etapas de compresión y tres etapas de enfriamiento.

40 La corriente de gas introducida en (i) puede comprender adicionalmente óxido de olefina que corresponde a la olefina. Se prefiere que de 60 a 100 % en peso, más preferiblemente de 70 a 100 % en peso y especialmente preferiblemente de 80 a 100 % en peso del óxido de olefina comprimida en la corriente de gas se condensan en (i), preferiblemente después de por lo menos dos etapas de compresión y dos etapas de enfriamiento y especialmente después de tres etapas de compresión y tres etapas de enfriamiento.

45 La corriente de gas introducida en (i) puede comprender adicionalmente un alcano que corresponde a la olefina. En el caso de que la olefina sea propeno, el alcano correspondiente es propano. Se prefiere que de 30 a 90 %, más preferiblemente de 40 a 90 % y especialmente preferiblemente de 45 a 90 % del alcano comprimido en la corriente de gas se condensan en (i), preferiblemente después de por lo menos dos etapas de compresión y dos etapas de enfriamiento y especialmente después de tres etapas de compresión y tres etapas de enfriamiento.

50 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención cuando la corriente de gas introducida en (i) se comprime tres veces en etapas de compresión parciales (a1), (b1) y (c1) y, después de cada etapa de compresión, la corriente de gas comprimida respectiva se enfría en etapas de enfriamiento parciales (a2), (b2) y (c2), se prefieren los siguientes parámetros de compresión y enfriamiento:

(a1) comprimir la corriente de gas a una presión en el rango de 1.2 a 4 bar, preferiblemente de 1.5 a 3.5 bar y especialmente preferiblemente de 2 a 3 bar;

(a2) refrigerar la corriente de gas comprimida a una temperatura en el rango de 20 a 50 °C, preferiblemente de 25 a 45 °C y especialmente preferiblemente de 30 a 40 °C, obtener un condensado (Ca) y una corriente de gas (Ga);

5 (b1) comprimir la corriente de gas (Ga) a una presión en el rango de 3 a 10 bar, preferiblemente de 4 a 9 bar y especialmente preferiblemente de 5 a 7 bar;

(b2) refrigerar la corriente de gas comprimida (Ga) a una temperatura en el rango de 20 a 58 °C, preferiblemente de 25 a 45 °C y especialmente preferiblemente de 30 a 40 °C, obtener un condensado (Cb) y una corriente de gas (Gb);

10 (c1) comprimir la corriente de gas (Gb) a una presión en el rango de 7.5 a 25 bar, preferiblemente de 11 a 20 bar y especialmente preferiblemente de 13 a 18 bar;

(c2) refrigerar la corriente de gas comprimida (Gb) a una temperatura en el rango de 20 a 55 °C, preferiblemente de 25 a 50 °C y especialmente preferiblemente de 30 a 45 °C, obtener un condensado (Cc) y una corriente de gas (Gc).

El condensado que resulta de cada etapa de enfriamiento se puede recolectar y se reutiliza para uno o más propósitos, por ejemplo se introduce en por lo menos un proceso químico.

15 De acuerdo con otra realización preferida de la presente invención, no se retira el condensado de (a2), y solo se pasa una corriente de gas refrigerada (Ga) a (b1).

De acuerdo con una realización todavía más preferida de la presente invención, la corriente de gas introducida en (i) es una corriente de efluente gaseoso de un proceso químico en el que la olefina es un material de partida y el alcohol se utiliza preferiblemente como solvente, y cuando se utiliza agua como solvente o parte de una mezcla de solvente y/o resulta de una reacción química respectiva durante el proceso químico. En este caso, el condensado que resulta de cada etapa de enfriamiento preferiblemente se hace recircular en dicho proceso químico. Dependiendo de la composición exacta del condensado respectivo, es posible recircular uno, dos o más condensados en el proceso químico. De acuerdo con una realización preferida, todos los condensados que resultan de las tres etapas de enfriamiento se hacen recircular en el proceso químico. También es posible solo recircular parcialmente el condensado o los condensados y trabajar la parte restante del condensado o los condensados y/o introducir la parte restante del condensado o los condensados en por lo menos otro proceso químico y/o descargar la parte restante del condensado o los condensados.

20

25

Preferiblemente, la corriente de gas que comprende la olefina y por lo menos un compuesto adicional, preferiblemente la olefina, un alcohol y agua y opcionalmente por lo menos un compuesto adicional, más preferiblemente propeno, metanol y agua y opcionalmente óxido de propeno y opcionalmente propano, puede ser una corriente de efluente gaseoso de cualquier proceso químico adecuado o combinación de por lo menos dos procesos químicos.

30

De acuerdo con una realización todavía más preferida de la presente invención, la corriente de efluente gaseoso que comprende la olefina y por lo menos otro compuesto es una corriente de efluente gaseoso que resulta de un proceso de epoxidación, dicho proceso que comprende hacer reaccionar la olefina con un hidroperóxido para dar una corriente de producto que comprende olefina y óxido de olefina y por lo menos otro componente, y separar el óxido de olefina de dicha corriente de producto para dar la corriente de efluente gaseoso.

35

Esta reacción de epoxidación se lleva a cabo preferiblemente utilizando, como olefina, un compuesto se selecciona del grupo que consiste de eteno, propeno, 1-buteno, 2-buteno, isobuteno, butadieno, pentenos, piperileno, hexenos, hexadienos, heptenos, octenos, diisobuteno, trimetilpenteno, nonenos, dodeceno, trideceno, tetradecano a eicoseno, tripropeno y tetrapropeno, polibutadienos, poliisobutenos, isopreno, terpenos, geraniol, linalool, linalil acetato, metilenciclopropano, ciclopenteno, ciclohexeno, norborneno, ciclohepteno, vinilciclohexano, viniloxirano, vinilciclohexeno, estireno, cicloocteno, ciclooctadieno, vinilnorborneno, indeno, tetrahidroindeno, metilestireno, dicitopentadieno, divinilbenceno, ciclododeceno, ciclododecatrieno, estilbena, difenilbutadieno, vitamina A, beta-caroteno, fluoruro de vinilideno, haluros alilo, cloruro de crotilo, cloruro de metalilo, diclorobuteno, alcohol alilo, alcohol metalilo, butenoles, butenedioles, ciclopentenedioles, pentenoles, octadienoles, tridecenoles, esteroides insaturados, etoxieteno, isoeugenol, anetol, ácidos carboxílicos insaturados tales como ácido acrílico, ácido metacrílico, ácido crotónico, ácido maleico, ácido vinil acético, ácidos grasos insaturados tales como ácido oleico, ácido linoleico, ácido palmítico, grasas y aceites que se presentan en la naturaleza. Las olefinas preferidas tienen de 2 a 6 átomos de carbono, más preferiblemente de 2 a 5 átomos de carbono y todavía más preferiblemente de 2 a 4 átomos de carbono. Especialmente las olefinas preferidas son eteno, propeno, y butenos, con propeno que se prefiere especialmente.

40

45

50

En una realización preferida de la presente invención, por lo menos un hidroperóxido se hace reaccionar con la olefina. Para los propósitos de la presente solicitud de patente, el término "hidroperóxido" se refiere a un compuesto de la fórmula ROOH. Los detalles con respecto a la preparación de hidroperóxidos y con respecto a los hidroperóxidos que se pueden utilizar, inter alia, en el proceso de la presente invención se pueden encontrar en la DE-A-198 35 907. Ejemplos de hidroperóxidos que se pueden utilizar para los propósitos de la presente invención son, inter alia, tert-butil hidroperóxido, hidroperóxidos etilbenceno, tertamil hidroperóxido, hidroperóxido cumeno, hidroperóxido ciclohexilo, hidroperóxido metilciclohexilo, hidroperóxidos tetrahidronaftaleno, hidroperóxido isobutil benceno, hidroperóxido etilnaftaleno, perácidos tales como ácido peracético y peróxido de hidrógeno. Las mezclas de dos o más hidroperóxidos también se pueden utilizar de acuerdo con la presente invención. De da preferencia a utilizar peróxido de hidrógeno como hidroperóxido en el proceso de la presente invención, y se da preferencia adicional a utilizar una solución de peróxido de hidrógeno acuosa. Más preferiblemente, la solución de peróxido de hidrógeno acuosa comprende peróxido de hidrógeno en una concentración en el rango de 1 a 90, más preferiblemente de 10 a 70 y Especialmente preferiblemente de 30 a 50 por ciento en peso, con base en el peso total de la solución.

De acuerdo con lo anterior, la presente invención también proporciona un proceso como se describió anteriormente en la que el hidroperóxido con el que se hace reaccionar la olefina, más preferiblemente una olefina que tiene de 2 a 6 átomos de carbono, todavía más preferiblemente de 2 a 4 átomos de carbono, más preferiblemente propeno, es peróxido de hidrógeno.

Como en una realización preferida de la presente invención, el alcohol comprimido en la corriente de gas introducido en (i) es metanol. También es posible que esta corriente de gas comprenda adicionalmente por lo menos un alcohol adicional o, en lugar de metanol, por lo menos otro alcohol. Por lo tanto, de acuerdo con la realización preferida mencionada anteriormente de acuerdo con la cual la corriente de gas es una corriente de gas que resulta de una reacción de epoxidación, este puede ser el caso de si la reacción de epoxidación se lleva a cabo en una mezcla de solvente que comprende metanol y por lo menos otro alcohol o en una mezcla de solvente que comprende por lo menos un alcohol que no es metanol.

La reacción de epoxidación se lleva a cabo preferiblemente en por lo menos un alcohol que tiene menos de 6 átomos de carbono, por ejemplo metanol, etanol, propanoles tales como 1-propanol o 2-propanol, butanoles tales como 1-butanol, 2- butanol, iso-butanol, tert-butanol, y pentanoles, o dioles o polioles, preferiblemente dioles o polioles que tienen menos de 6 átomos de carbono, o mezclas de dos o más de estos compuestos. Si la reacción de epoxidación se lleva a cabo en una mezcla de solvente que comprende agua en donde se puede introducir agua como tal y/o por medio de, por ejemplo, una solución de hidroperóxido acuosa tal como solución de peróxido de hidrógeno acuosa, las mezclas preferidas comprende metanol y agua o etanol y agua o metanol, etanol y agua, una mezcla de metanol y agua se prefiere especialmente. Por lo tanto, la corriente de gas introducida en (i) puede comprender por lo menos uno de los alcoholes mencionados anteriormente, opcionalmente junto con agua, más preferiblemente metanol y agua o etanol y agua o metanol, etanol y agua, especialmente preferiblemente metanol y agua.

En el caso del proceso químico en el que la olefina se introduce como material de partida, por ejemplo una reacción de epoxidación, se lleva a cabo en la presencia de por lo menos un compuesto tal como

- ésteres tales como acetato de metilo o butirrolactona;

- amidas tales como dimetilformamida, dimetilacetamida o N-metilpirrolidona;

- cetonas tales como acetona;

- nitrilos tales como acetonitrilo; la corriente de gas introducida en (i) también puede comprender por lo menos uno de estos compuestos.

De acuerdo con una realización especialmente preferida de la presente invención, la reacción de epoxidación se lleva a cabo en la presencia de por lo menos un catalizador, preferiblemente por lo menos un catalizador heterogéneo, todavía más preferiblemente por lo menos un catalizador de zeolita. En lo que se relaciona por lo menos con un catalizador de zeolita, de manera general no existen limitaciones. Particularmente preferiblemente, se emplea una zeolita que contiene titanio, en donde se prefieren particularmente las zeolitas conocidas por la persona experta en la técnica como "silicatos de titanio" o "silicalitas de titanio" (TS). Se describen tales zeolitas que contienen titanio, en particular aquellas que tienen una estructura cristalina del tipo MFI así como también formas para producirlas, por ejemplo, en la WO 98/55228, EP-A-0 311 983, o EP-A-0 405 978. El contenido respectivo de estos documentos se incorpora aquí como referencia. Además de Si y Ti, dichos materiales de zeolita pueden contener elementos adicionales, tales como aluminio, zirconio, estaño, hierro, cobalto, níquel, galio, boro, o cantidades pequeñas de flúor. Es posible que el titanio de la zeolita se reemplace parcialmente o completamente por vanadio, zirconio, o niobio, o cualquier mezcla de dos o más de estos componentes. Las zeolitas que contienen

5 titanio y exhiben una estructura MFI se sabe que producen un patrón característico en la difracción de rayos x. Adicionalmente, estos materiales exhiben una banda de vibración en el infrarrojo (IR) a aproximadamente 960 cm^{-1} . Por lo tanto, es posible distinguir las zeolitas que contienen titanio a partir de fases TiO_2 cristalinas o amorfas o de titanatos de metal alcalino. En una realización preferida adicional, el por lo menos un catalizador de zeolita comprende por lo menos uno de los elementos de titanio, germanio, telurio, vanadio, cromo, niobio, zirconio. Se prefieren particularmente catalizadores de zeolita que tienen una estructura de zeolita pentasil, en particular los tipos estructurales que pueden ser, por medio de difracción de rayos X, asignados a los tipos de estructura de ABW-, ACO-, AEI-, AEL-, AEN-, AET-, AFG-, AFI-, AFN-, AFO-, AFR-, AFS-, AFT-, AFX-, AFY-, AHT-, ANA-, APC-, APD-, AST-, ATN-, ATO-, ATS-, ATT-, ATV-, AWO-, AWW-, BEA-, BIK-, BOG-, BPH-, BRE-, CAN-, CAS-, CFI-, CGF-, CGS-, CHA-, CHI-, CLO-, CON-, CZP-, DAC-, DDR-, DFO-, DFT-, DOH-, DON-, EAB-, EDI-, EMT-, EPI-, ERI-, ESV-, EUO-, FAU-, FER-, GIS-, GME-, GOO-, HEU-, IFR-, ISV-, ITE-, JBW-, KFI-, LAU-, LEV-, LIO-, LOS-, LOV-, LTA-, LTL-, LTN-, MAZ-, MEI-, MEL-, MEP-, MER-, MFI-, MFS-, MON-, MOR-, MSO-, MTF-, MTN-, MTT-, MTW-, MWW-, NAT-, NES-, NON-, OFF-, OSI-, PAR-, PAU-, PHI-, RHO-, RON-, RSN-, RTE-, RTH-, RUT-, SAO-, SAT-, SBE-, SBS-, SBT-, SFF-, SGT-, SOD-, STF-, STI-, STT-, TER-, THO-, TON-, TSC-, VET-, VFI-, VNI-, VSV-, WIE-, WEN-, YUG-, ZON, así como también estructuras mezcladas de por lo menos dos o más de las estructuras mencionadas anteriormente. Adicionalmente, es concebible utilizar catalizadores de zeolita que contienen titanio con la estructura de ITQ-4, ITQ-9, SSZ-24, TTM-1, UTD-1, CIT-1 o CIT-5. Adicionalmente, las zeolitas que contienen titanio son tal como los tipos de estructura ZSM-48 o ZSM-12. Las zeolitas que contienen titanio de la estructura MFI, MEL o MFI/MEL estructuras mezcladas, así como también MWW, BEA o estructuras mezcladas de los mismos se prefieren en el contexto de la presente invención. Adicionalmente se prefieren en el contexto de la presente invención estos catalizadores de zeolita que contienen titanio que se denominan, en general, como "TS-1", "TS-2" o "TS-3", así como también las zeolitas que contienen titanio exhiben una estructura que es isomorfa para la zeolita beta.

25 Por lo tanto, la presente invención también proporciona un proceso en donde la corriente de gas introducida en (i) es una corriente de efluente gaseoso que resulta de una reacción de epoxidación en donde una olefina, preferiblemente propeno, se hace reaccionar con un hidroperóxido, preferiblemente peróxido de hidrógeno, para dar el óxido de olefina respectivo, preferiblemente óxido de propeno, en donde la reacción de epoxidación se lleva a cabo preferiblemente en por lo menos un solvente, preferiblemente por lo menos un alcohol, más preferiblemente metanol, todavía más preferiblemente en un solvente que comprende por lo menos un alcohol y agua, más preferiblemente metanol y agua, y en donde la reacción de epoxidación se lleva a cabo preferiblemente en la presencia de por lo menos un catalizador, más preferiblemente por lo menos un catalizador heterogéneo, más preferiblemente por lo menos un catalizador de zeolita, y todavía más preferiblemente un catalizador de silicalita de titanio.

35 El término "una corriente de efluente gaseoso que resulta de un proceso químico" o "una corriente de efluente gaseoso que resulta de una reacción química" como se utiliza en el contexto de la presente invención se relaciona con una corriente de gas que resulta directamente de dicho proceso o reacción o que resulta del trabajo de una corriente de gas directamente que resulta de dicho proceso o reacción. Este trabajo puede comprender, por ejemplo, la separación completa o parcial de por lo menos un compuesto comprimido en la corriente de gas directamente que resulta de dicho proceso o reacción, la adición de por lo menos un compuesto a la corriente de gas directamente que resulta de dicho proceso o reacción, o una temperatura y/o tratamiento de presión de la corriente de gas directamente que resulta de dicho proceso o reacción.

40 La reacción de la olefina, preferiblemente propeno, con el hidroperóxido, preferiblemente peróxido de hidrógeno, en la presencia del solvente o los solventes, preferiblemente metanol, y el catalizador o los catalizadores, preferiblemente el catalizador de silicalita de titanio descrito anteriormente, se puede llevar a cabo en una, dos o más etapas.

45 Puede tener lugar una reacción de dos etapas, por ejemplo, como sigue:

(a) el hidroperóxido, preferiblemente el peróxido de hidrógeno, se hace reaccionar con la olefina, preferiblemente propeno, para dar una mezcla que comprende óxido de olefina, preferiblemente óxido de propileno, y hidroperóxido sin reaccionar, preferiblemente peróxido de hidrógeno;

50 (b) por lo menos un compuesto, por ejemplo el óxido de olefina, preferiblemente óxido de propileno, se separa de la mezcla que resulta de la etapa (a);

(c) hacer reaccionar el hidroperóxido, preferiblemente el peróxido de hidrógeno, comprimida en la mezcla de la cual por lo menos un compuesto, preferiblemente el óxido de olefina, más preferiblemente el óxido de propileno, se separa en (b), con olefina.

55 De acuerdo con lo anterior, la reacción de la olefina con hidroperóxido tiene lugar, como se indicó anteriormente, en dos etapas (a) y (c) entre las cuales existe una etapa de separación (b). El aislamiento del por lo menos un compuesto separado en (b), preferiblemente óxido de propileno, para los propósitos de la presente invención, se

puede llevar a cabo utilizando todos los métodos de separación habituales de la técnica anterior. El por lo menos un compuesto se separa preferiblemente mediante destilación. Dependiendo de los requerimientos del proceso, este se puede separar en una o más columnas de destilación. Se da preferencia a utilizar una columna de destilación en una etapa de separación.

- 5 La reacción de la olefina, preferiblemente propeno, con hidroperóxido, preferiblemente peróxido de hidrógeno en el proceso de la presente invención tiene lugar en un reactor adecuado para este propósito. Los materiales de partida se pueden introducir individualmente dentro del reactor o preferiblemente se combinan para formar una corriente única antes de ser cargada dentro del reactor. En el proceso de la presente invención, se da preferencia a introducir una corriente que consiste de una combinación de los materiales de partida dentro del reactor. Aquí, se da
10 preferencia a una corriente en la que las concentraciones de los materiales de partida individuales que forman la corriente se seleccionan de tal manera que la corriente es líquida y consiste de una fase única. Los materiales de partida son preferiblemente olefina, solvente y hidroperóxido. En una realización preferida adicional, es posible llevar a cabo la reacción en las etapas (a) y (c) en dos reactores separados. Como los reactores, por su puesto es posible utilizar todos los reactores concebibles que son más adecuados para la reacción respectiva. Aquí, el término "un reactor" no se restringe a un recipiente único. Por el contrario, también es posible utilizar una cascada de recipientes agitados como reactor. Se da preferencia a utilizar reactores de lecho fijo como reactores. Los reactores de lecho fijo utilizados son más preferiblemente reactores de tubo de lecho fijo. En el caso de las reacciones en dos reactores separados en las etapas (a) y (c), se da particular preferencia a la utilización de un reactor de tubo de lecho fijo isotérmico y de un reactor de lecho fijo adiabático. Se da preferencia a la utilización del reactor de tubo de lecho fijo isotérmico en la etapa (a) y a la utilización del reactor de lecho fijo adiabático en la etapa (c).

- Después de la reacción de la olefina, preferiblemente propeno, con hidroperóxido, preferiblemente peróxido de hidrógeno, se obtiene una mezcla que comprende óxido de olefina, preferiblemente óxido de propeno, alqueno sin reaccionar, preferiblemente propeno, y solvente, preferiblemente metanol y agua, y opcionalmente alcano, preferiblemente propano. De acuerdo con una realización preferida, la olefina sin reaccionar, preferiblemente propeno, se separa de esta mezcla. La olefina sin reaccionar se separa preferiblemente de dicha mezcla mediante
25 destilación. Es en principio posible utilizar cualquier número de columnas para este propósito. Se da preferencia a utilizar una columna. Esta columna tiene de manera general 5 o más, preferiblemente 10 o más y más preferiblemente 15 o más de placas teóricas. La destilación en esta columna se lleva a cabo preferiblemente en presiones en el rango de 0.5 a 25 bar, preferiblemente de 0.7 a 5 bar y particularmente preferiblemente en el rango de 0.9 a 1.5 bar. Con el fin de obtener la mejor regulación de la destilación, por lo menos un gas inerte, preferiblemente nitrógeno, se introduce en una cantidad preferida de hasta 5 % en peso, preferiblemente de 0.01 a 5 % en peso, más preferiblemente de 0.05 a 2 % en peso y especialmente preferiblemente de 0.1 a 1 % en peso, con relación a la olefina, preferiblemente propeno.

- De acuerdo con esta realización preferida de la presente invención, se obtiene una corriente de gas que comprende olefina, preferiblemente propeno, preferiblemente en el rango de 20 a 95 % en peso, más preferiblemente de 30 a 94 % en peso y todavía más preferiblemente de 40 a 93 % en peso, con base en el peso total de la corriente de gas.

Más aún, la corriente de gas de manera general comprende 10 % en peso o menos, preferiblemente 7 % en peso o menos y más preferiblemente 5 % en peso o menos de oxígeno que se origina de la reacción de descomposición del hidroperóxido utilizado, con base en el peso total de la corriente de gas.

- 40 Más aún, la corriente de gas puede comprender hasta 5 % en peso, más preferiblemente de 0.01 a 5 % en peso, más preferiblemente de 0.05 a 3 % en peso y todavía más preferiblemente de 0.1 a 2 % en peso de gas inerte, preferiblemente nitrógeno, con base en el peso total de la corriente de gas.

Más aún, la cantidad de óxido de propeno comprimida en la corriente de gas es tan pequeña que no es detectable.

- 45 Como componentes adicionales, la corriente de gas de manera general comprende solvente, preferiblemente metanol, preferiblemente en el rango de hasta 15 % en peso, más preferiblemente de 0.1 a 15 % en peso, más preferiblemente de 0.5 a 10 % en peso y todavía más preferiblemente de 1 a 5 % en peso, y agua preferiblemente en el rango de hasta 5 % en peso, más preferiblemente de 0.01 a 5 % en peso, más preferiblemente de 0.05 a 2 % en peso y todavía más preferiblemente de 0.1 a 1 % en peso, cada uno con base en el peso total de la corriente de gas.

- 50 Más aún, la corriente de gas puede comprender hasta 20 % en peso, más preferiblemente de 0.1 a 20 % en peso, más preferiblemente de 1 a 15 % en peso y todavía más preferiblemente de 2 a 10 % en peso de alcano, preferiblemente propano, con base en el peso total de la corriente de gas.

Esta corriente de gas obtenida preferiblemente se introduce en la etapa (i) del proceso de la presente invención.

Después de la etapa (i), más preferiblemente después de la etapa parcial (c2), se obtiene una corriente de gas refrigerada que comprende olefina, preferiblemente propeno, preferiblemente en el rango de 20 a 95 % en peso, más preferiblemente de 40 a 94 % en peso y todavía más preferiblemente de 70 a 93 % en peso, con base en el peso total de la corriente de gas.

- 5 Más aún, la corriente de gas refrigerada después de (i) de manera general comprende 10 % en peso o menos, preferiblemente 9 % en peso o menos y más preferiblemente 8 % en peso o menos de oxígeno que se origina de la reacción de descomposición del hidroperóxido utilizado, con base en el peso total de la corriente de gas.

10 Más aún, la corriente de gas refrigerada después de (i) puede comprender hasta 5 % en peso, más preferiblemente de 0.01 a 5 % en peso, más preferiblemente de 0.05 a 3 % en peso y todavía más preferiblemente de 0.1 a 2.5 % en peso de gas inerte, preferiblemente nitrógeno, con base en el peso total de la corriente de gas.

15 Como componentes adicionales, la corriente de gas refrigerada después de (i) de manera general comprende solvente, preferiblemente metanol de hasta 10 % en peso, preferiblemente en el rango de 0.01 a 10 % en peso, más preferiblemente de 0.1 a 5 % en peso y todavía más preferiblemente de 0.5 a 2.5 % en peso, y agua de hasta 5 % en peso, preferiblemente en el rango de 0.01 a 5 % en peso, más preferiblemente de 0.05 a 2 % en peso y todavía más preferiblemente de 0.1 a 1 % en peso, cada uno con base en el peso total de la corriente de gas.

Más aún, la corriente de gas refrigerada después de (i) puede comprender hasta 10 % en peso, preferiblemente de 0.1 a 10 % en peso, más preferiblemente de 1 a 9 % en peso y todavía más preferiblemente de 2 a 8 % en peso de alcano, preferiblemente propano, con base en el peso total de la corriente de gas.

20 Por lo menos uno de los condensados que resulta de cada etapa de enfriamiento, especialmente preferiblemente todos los condensados que resultan de las etapas de enfriamiento (a2), (b2) y (c2), se recolectan preferiblemente y se vuelven a utilizar para uno o más propósitos, por ejemplo introducidos en por lo menos un proceso químico. Más preferiblemente, los condensados se hacen recircular en un proceso de epoxidación, todavía más preferiblemente resultan del proceso de epoxidación de la corriente de gas introducida en (i).

25 La pluralidad de etapas de compresión y enfriamiento de acuerdo con la realización preferida de la presente invención exhibe por lo menos tres mejoras principales comparado con los procesos de la técnica anterior: Primero, se toma ventaja de la solubilidad aumentada de la olefina en presiones mayores que simplifican una primera separación y recirculación de la olefina que se basa en la condensación parcial de la olefina en (i). Así, se proporciona una primera característica del proceso integrado. Segundo los solventes comprimidos en la corriente de gas introducidos en (i), preferiblemente metanol y agua que resulta de un proceso de epoxidación, se puede
30 condensar esencialmente completamente y preferiblemente se hacen recircular en la reacción de epoxidación como materiales de partida, proporcionando así una segunda característica del proceso integrado. Estas características de la recirculación directa de uno o más compuestos por lo tanto conducen a una reducción del coste económico total del proceso general. La recirculación en la epoxidación es posible inter alia debido a que la compresión y el enfriamiento de acuerdo con (i) conduce a condensados que comprenden solo una cantidad muy pequeña de
35 oxígeno. Tercero, la corriente de gas de acuerdo con (i) se comprime de tal manera que se mejora la solubilidad del absorbente utilizado en la etapa posterior (ii). Sin embargo, a pesar de comprimir y concentrar la corriente de gas en (i), la corriente de gas que resulta de (i) tiene un contenido de oxígeno de menos de 9 por ciento por volumen que significa que las corrientes de gas preferidas obtenidas de (i) no están dentro del área explosiva. El término "área explosiva" como se utiliza en el contexto de la presente invención se refiere al rango de relación molar de propeno :
40 oxígeno en la que la mezcla que comprende propeno y oxígeno es una mezcla explosiva.

La corriente de gas obtenida después de la etapa (i), preferiblemente después de (c2), tiene una presión preferida de más de 7,5 bar a 25 bar, preferiblemente de 11 a 20 bar y especialmente preferiblemente de 13 a 18 bar, y una temperatura preferida de 20 a 55 °C, preferiblemente de 25 a 50 °C y especialmente preferiblemente de 30 a 45 °C, luego se introduce en la etapa (ii) del proceso de acuerdo con la invención cuando se separa la olefina de la
45 corriente de gas introducida en (ii) al absorber la olefina en un absorbente.

Como aparato de absorción, es posible utilizar por lo menos una columna empacada y/o por lo menos una columna de bandeja y/o por lo menos una columna de burbuja, y/o en casos especiales, por lo menos un depurador tipo venturi. Especialmente preferiblemente, el por lo menos un aparato, preferiblemente una columna de absorción, se opera en contracorriente. El término "contracorriente" como se utiliza con respecto al aparato de absorción en el
50 contexto de la presente invención se relaciona con un aparato en el que la corriente de gas que resulta de (i) se introduce en una unidad de absorción, preferiblemente una columna de absorción, preferiblemente en una sección inferior de la unidad, y preferiblemente una fase líquida que comprende por lo menos un absorbente que se introduce hacia arriba con respecto a la ubicación en donde la corriente de gas se introduce en la unidad. Más preferiblemente, la fase líquida sale de unidad de absorción en una ubicación por debajo de la ubicación de la
55 corriente de gas que se introduce en la unidad de absorción.

Una ventaja principal adicional de un proceso preferido de acuerdo con la presente invención es el hecho que no se ha agregado adicionalmente gas inerte tal como metano a la unidad de absorción.

5 La presión de la absorción de la olefina, preferiblemente propeno, se lleva a cabo a, está preferiblemente en el rango de más de 10 a 20 bar, más preferiblemente de 11 a 19 bar y especialmente preferiblemente de 13 a 18 bar tal como a una presión de aproximadamente 13 o aproximadamente 14 o aproximadamente 15 o aproximadamente 16 o aproximadamente 17 o aproximadamente 18 bar.

Como por lo menos un absorbente utilizado para la absorción de la olefina, se emplea un absorbente o una mezcla de dos o más adsorbentes que tienen un punto de ebullición preferido a presión estándar de 200 a 300 °C, más preferiblemente de 210 a 285 °C y especialmente preferiblemente de 220 a 270 °C.

10 Aunque no existen restricciones particulares en las que se emplea el absorbente o la mezcla de absorbentes, se da preferencia a los hidrocarburos. El término hidrocarburos abarca hidrocarburos alifáticos, cíclicos, alicíclicos, saturados, insaturados y aromáticos que también se pueden sustituir por radicales alifáticos. Los hidrocarburos también se pueden utilizar en la forma de mezcla en el proceso de la presente invención. Especialmente se prefieren hidrocarburos que tienen 9 o más, más preferiblemente 10 o más átomos de carbono. Más preferiblemente, el
15 absorbente es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2} en donde n es de 10 a 20. Más preferiblemente, n es de 11 a 18, más preferiblemente de 12 a 16 y todavía más preferiblemente de 13 a 15.

Este absorbente es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2} preferiblemente comprende el hidrocarburo $C_{14}H_{30}$ en una cantidad de 10 por ciento en peso o más de la mezcla, más preferiblemente de 20 por ciento en peso o más, más preferiblemente de 30 por ciento en peso o más, más preferiblemente de 40 por ciento en peso o más, más preferiblemente de 50 por ciento en peso o más, con base en el peso total de la mezcla de hidrocarburos. De acuerdo con lo anterior, no es necesario para el hidrocarburo $C_{14}H_{30}$ utilizado en el proceso de la presente invención tienen una pureza particularmente alta. La mezcla descrita, por ejemplo, se puede obtener en el refinamiento del aceite crudo, con la mezcla que corresponde a la fracción deseada que se toma. Los componentes adicionales que pueden como resultado estar presentes además del tetradecano son los hidrocarburos saturados adicionales que
20 también pueden ser ramificados o no ramificados, de cadena larga, cíclicos o alicíclicos. Los hidrocarburos insaturados o los hidrocarburos aromáticos también pueden estar presentes en tal mezcla.

Preferiblemente, se utiliza una columna para absorber la olefina, preferiblemente propeno. Se da particular preferencia a una columna configurada como una columna empacada, más preferiblemente una columna empacada que contiene el empaque ordenado. Mientras que el empaque ordenado mencionado puede ser esencialmente de
30 cualquier tipo, se da preferencia al empaque que tiene un área de superficie específico en el rango de 100 a 750 m^2/m^3 . Es posible utilizar empaque de lámina de metal, por ejemplo de Montz (tipo B1 100 a B1 500) o de Sulzer ChemTech (Mellapak 125 a Mellapak 750), o empaque de malla de Montz (tipo A3 500 a A3 750) o de Sulzer ChemTech (tipo BX o CY). La unidad m^2/m^3 se refiere al área de superficie geométrica del material que forma el empaque por metro cúbico de empaque.

35 La presión preferida de más de 10 bar a 20 bar, más preferiblemente de 11 a 19 bar y especialmente preferiblemente de 13 a 18 bar tal como a una presión de aproximadamente 13 o aproximadamente 14 o aproximadamente 15 o aproximadamente 16 o aproximadamente 17 o aproximadamente 18 bar, que prevalece en el aparato de absorción aumenta la solubilidad de los constituyentes solubles de la corriente de gas introducida en (ii), en particular la olefina, en el medio de absorción, preferiblemente el hidrocarburo o mezcla de hidrocarburos. El
40 constituyente de gas insoluble, puro deja luego el aparato de absorción preferiblemente en la parte superior de la columna. Este constituyente comprende preferiblemente gases inertes tales como nitrógeno, y oxígeno y cantidades pequeñas de olefina, preferiblemente propeno. Este constituyente de gas insoluble, por ejemplo, se puede pasar a incineración.

45 El constituyente de gas insoluble, puro obtenido preferiblemente en la parte superior de la columna comprende de 10 a 95 % en peso, preferiblemente de 30 a 90 % en peso y todavía más preferiblemente o de 50 a 85 % en peso de oxígeno.

El constituyente de gas insoluble, puro preferiblemente obtenido en la parte superior de la columna comprende de 1 a 30 % en peso, preferiblemente de 2 a 20 % en peso y todavía más preferiblemente o de 5 a 15 % en peso de gases inertes tales como nitrógeno

50 El constituyente de gas insoluble, puro preferiblemente obtenido en la parte superior de la columna comprende hasta 50 % en peso, preferiblemente de 0.01 a 50 % en peso, más preferiblemente de 0.1 a 40 % en peso y todavía más preferiblemente o de 0.5 a 35 % en peso de olefina, preferiblemente propeno.

La corriente absorbente cargada de olefina, preferiblemente la corriente de hidrocarburo cargada de olefina, obtenida de la parte inferior de la columna de absorción, preferiblemente comprende 80 % o más, más

preferiblemente 90 % o más, y más preferiblemente 99 % o más de la olefina comprimida en la corriente de gas introducida en (ii).

5 Los hidrocarburos utilizados como el medio de absorción en la presente invención tienen una capacidad excelente de solvente para las olefinas, de tal manera que el proceso se puede llevar a cabo utilizando cantidades comparativamente pequeñas del medio de absorción comparado con procesos en donde, por ejemplo las mezclas de isopropanol y agua, acetona, heptano o octano se utilizan como absorbentes. El proceso novedoso es por lo tanto extremadamente ventajoso para uso industrial. En el caso que la olefina sea propeno, la relación de absorbente es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2} con n de 13 a 15 que comprende $C_{14}H_{30}$ en una cantidad de 30 por ciento en peso de la mezcla o más, un propeno comprimido en la corriente de gas introducida en (ii), es preferiblemente más pequeño o igual a 3, más preferiblemente más pequeño o igual a 2 y todavía más preferiblemente más pequeño o igual a 1, calculado como relación de masa.

La corriente absorbente cargada de olefina en la parte inferior de la columna luego se pasa a la etapa (iii) del proceso de la presente invención cuando la olefina se separa del absorbente mediante desorción.

15 De acuerdo con una realización especialmente preferida de la presente invención, una parte de las corrientes inferiores obtenidas de la columna de absorción, preferiblemente que comprende de 20 a 50 % en peso del absorbente o mezcla de absorbente, no se pasa a la etapa (iii) pero posteriormente se hace recircular en la columna de absorción. En el contexto de la presente invención, esta recirculación se denomina como la recirculación de absorbente interna. Preferiblemente, se hacen recircular de 50 a 98 % de las corrientes inferiores, más preferiblemente de 70 a 95 % de las corrientes inferiores. Más preferiblemente, esta parte de las corrientes inferiores se enfría en forma adecuada, antes de recirculación en la columna de absorción a una temperatura en un rango preferido de 20 a 45 °C, más preferiblemente de 25 a 35 °C. De acuerdo con una realización especialmente preferida de la presente invención, la parte de las corrientes inferiores se hacen recircular en la columna de absorción que se introduce en la columna anterior de la sección inferior de la columna cuando se introduce la corriente de gas obtenida en (i) y, todavía más preferiblemente, por debajo de la parte superior de la columna de absorción cuando el absorbente se introduce preferiblemente por medio de la recirculación externa del absorbente y/o cuando el absorbente se introduce como absorbente fresco que aún no ha entrado en contacto con la olefina. En el contexto de la presente invención, la recirculación externa del absorbente se refiere a la recirculación del absorbente que se ha separado de la olefina en (iii) como se describió aquí. Se encuentra que la recirculación interna de absorbente es una ventaja principal adicional del método de la presente invención debido a que las corrientes inferiores obtenidas de la columna de absorción no se saturan completamente típicamente con la olefina. Utilizando esta capacidad restante al hacer recircular una parte de las corrientes inferiores mejora adicionalmente el aspecto de integración del método de la invención.

35 En general, no existen restricciones para el método explícito de acuerdo con lo cual y el por lo menos un aparato en el que se lleva a cabo esta separación de acuerdo con (iii). La separación mediante desorción se puede llevar a cabo preferiblemente, por ejemplo, mediante destilación y/o mediante vaporización.

40 De acuerdo con una realización de la presente invención, es posible separar la olefina del absorbente y luego purificar adicionalmente la olefina. Si, por ejemplo, la corriente introducida en (iii) comprende el absorbente, la olefina, y el alcano, tal como, preferiblemente, un hidrocarburo o una mezcla de hidrocarburos, propeno y propano, la presente invención proporciona un proceso en el que en la etapa (iii) el absorbente se separa de la olefina y el alcano, la olefina se separa posteriormente del alcano. De acuerdo con una realización preferida, el absorbente por lo menos se hace recircular parcialmente en (ii) como el absorbente externamente recirculado como se describió aquí anteriormente. De acuerdo con una realización preferida adicional, la olefina por lo menos se hace recircular parcialmente en una reacción de epoxidación, preferiblemente una reacción de epoxidación la corriente de gas introducida en (i) que resulta.

45 Por lo tanto, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la separación de la olefina, preferiblemente propeno, se lleva a cabo en un vaporizador de circulación forzado. Por lo tanto, la corriente líquida que resulta de (ii) se pasa a un vaporizador de circulación forzado, el vaporizador se opera en una presión preferida de 0.5 a 4 bar, preferiblemente de 1 a 3 bar, y una temperatura preferida de 60 a 100 °C, más preferiblemente de 70 a 95 °C y todavía más preferiblemente de 80 a 90 °C. La fase líquida obtenida del vaporizador de circulación forzado tiene una pureza de preferiblemente 90 % o más, más preferiblemente 95 % o más y todavía más preferiblemente de 97 % o más, con respecto al absorbente, preferiblemente el hidrocarburo o hidrocarburos como se describió anteriormente. La fase gaseosa obtenida en el vaporizador de circulación forzado comprende la olefina, preferiblemente propeno, preferiblemente el alcano, más preferiblemente propano, y 1 % en peso o menos, más preferiblemente 0.5 % en peso o menos del absorbente.

55 En general, se puede utilizar esta corriente gaseosa para cualquier propósito concebible. Entre otros, este se puede volver a utilizar como material de partida para uno o más procesos químicos tales como una reacción de epoxidación

o se utiliza como una fuente de energía para generación de vapor cuando se puede utilizar la corriente en uno o más procesos químicos tales como un proceso de epoxidación integrado.

5 Preferiblemente, la corriente gaseosa obtenida del vaporizador se enfría en un intercambiador de calor corriente abajo, a una temperatura preferida de 20 a 40 °C, p referiblemente de 25 a 35 °C. En este intercambiador de calor, el
10 absorbente comprimido en la corriente gaseosa por lo menos se condensa parcialmente y preferiblemente se hace recircular como fase líquida como absorbente en (ii). La fase gaseosa obtenida de este intercambiador de calor preferiblemente comprende 0.7 % en peso o menos, más preferiblemente 0.4 % en peso o menos de absorbente, la olefina, preferiblemente propeno y opcionalmente el alcano, preferiblemente propano. Esta corriente gaseosa se comprime preferiblemente en un compresor corriente abajo, preferiblemente un compresor de dos etapas, a una
15 presión de preferiblemente de 10 a 12 bar y posteriormente se enfría a un intercambiador de calor a una temperatura preferida de 30 a 40 °C. La fase líquida así obtenida, que comprende preferiblemente olefina y alcano, más preferiblemente propeno y propano, se carga directamente a una etapa de reacción tal como el proceso de epoxidación preferido o a por lo menos una etapa de purificación adicional o parcialmente a una etapa de reacción y
20 parcialmente a por lo menos una etapa de purificación adicional.

25 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la corriente de gas introducida en (i) es una corriente de efluente gaseoso de un proceso de epoxidación en el que una olefina, más preferiblemente se utiliza propeno como olefina en la reacción de epoxidación. Este propeno utilizado para la epoxidación contiene preferiblemente propano como hidrocarburo saturado. Se da preferencia a utilizar fracciones que comprenden propeno y propano en una relación de volumen de aproximadamente 99.5 : 0.5 a 94 : 6. Tales mezclas también se denominan como propeno de "grado químico". Se da preferencia a utilizar propeno de esta pureza en la preparación de óxido de propeno de acuerdo con la presente invención. Por lo tanto, en una realización particularmente preferida del proceso de la presente invención, la corriente de efluente gaseoso de la conversión de propeno en óxido de propeno comprende propeno como olefina y propano como alcano. En el proceso de la presente invención, esta corriente de efluente gaseoso que se ha cargado de propeno y propano se separa en la parte superior del aparato de absorción y el absorbente, preferiblemente el hidrocarburo o hidrocarburos como se describió anteriormente, cargada con propeno y propano, se separa en la parte inferior de la columna de absorción. En la etapa de desorción posterior (iii) de acuerdo con la realización preferida descrita anteriormente cuando se utiliza un vaporizador de circulación forzado, la fase líquida obtenida referiblemente después de la compresión de dos etapas y el intercambio de calor, la fase líquida que comprende preferiblemente olefina y alcano, más preferiblemente propeno y propano, se carga preferiblemente a por lo menos una etapa de purificación adicional.
30

Esta etapa de purificación cuando se fracciona esta fase líquida en los componentes de propeno y propano, se lleva a cabo preferiblemente en un separador C₃ como se describe, por ejemplo, en Ullmann's Enciclopedia of Industrial Chemistry, 5ta Edición, Volumen A22, página 214. La separación se puede llevar a cabo en una columna a una presión de aproximadamente 15 a 25 bar. La separación también se puede llevar a cabo utilizando columnas acopladas térmicamente, y estas, por ejemplo, se operan a una presión de aproximadamente 15 o 25 bar. El propeno se toma en la parte superior del separador C₃ configurado como una columna, y el propano se toma en la parte inferior.
35

El propeno que se ha separado de la parte superior del separador C₃ luego se puede hacer recircular en el proceso de epoxidación como material de partida para reacción con el hidroperóxido. El propano se puede utilizar para cualquier propósito concebible, por ejemplo como fuente de energía para la generación de vapor.
40

De acuerdo con una realización preferida adicional de la presente invención, la olefina se separa del absorbente utilizando una columna de separación. De acuerdo con una realización todavía adicional, el absorbente obtenido se purifica posteriormente. Si, por ejemplo, la corriente introducida en (iii) comprende el absorbente, la olefina, y el alcano, tal como, preferiblemente, un hidrocarburo o una mezcla de hidrocarburos, propeno y propano, la presente invención proporciona un proceso en el que en la etapa (iii) se separa la olefina del absorbente y el alcano, el absorbente se separa posteriormente del alcano. De acuerdo con una realización preferida, el absorbente por lo menos se hace recircular parcialmente en (ii). De acuerdo con una realización preferida adicional, la olefina por lo menos se hace recircular parcialmente en una reacción de epoxidación, preferiblemente una corriente de gas de la reacción de epoxidación introducida en (i) que resulta.
45

50 Así, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la corriente de absorbente cargada con olefina y alcano se pasa a una columna de destilación cuando se separa la olefina del absorbente, y cuando la olefina se obtiene en la parte superior y el alcano y el absorbente se obtienen en la parte inferior.

La columna de destilación, que tiene preferiblemente de 80 a 200, más preferiblemente de 100 a 160 y todavía más preferiblemente de 120 a 140 placas teóricas, se opera en una presión preferida de 10 a 30 bar, más preferiblemente de 12 a 28 bar y especialmente preferiblemente de 16 a 25 bar.
55

En la parte superior de esta columna, se obtiene una corriente de olefina, preferiblemente una corriente de propeno que tiene una pureza de 90 % o más, más preferiblemente de 95 % o más, y especialmente preferiblemente de 97 % o más.

5 La olefina, preferiblemente el propeno que se ha separado en la parte superior de la columna por lo menos se puede hacer recircular posteriormente al proceso de epoxidación como material de partida para reacción con el hidroperóxido.

Las corrientes inferiores obtenidas de la columna de destilación consisten esencialmente del absorbente, preferiblemente el hidrocarburo o hidrocarburos y preferiblemente un alcano, preferiblemente propano, preferiblemente se trabaja adicionalmente hasta que se separa el absorbente de otros compuestos.

10 De acuerdo con una realización preferida, esta corriente inferior preferiblemente se flamea en una cámara de destilación por expansión instantánea a una presión de 0.5 a 4 bar, preferiblemente de 1 a 1.5 bar, que da una corriente líquida con preferiblemente 0.5 % o menos, más preferiblemente 0.3 % en peso o menos de propeno y propano. Esta corriente líquida se hace recircular preferiblemente como el absorbente recirculado externamente descrito anteriormente a (ii), especialmente preferiblemente en la columna de absorción, y en particular en una
15 segunda sección de la columna de absorción hacia arriba de la sección cuando se introduce el absorbente internamente recirculado. Antes de recirculación, la corriente se enfría preferiblemente en forma adecuada.

La fase gaseosa obtenida de la cámara de destilación por expansión instantánea consiste esencialmente de compuestos livianos que hierven tales como olefina y preferiblemente el alcano correspondiente tal como propeno y propano, y comprende 6 % o menos, más preferiblemente 5 % o menos de absorbente.

20 Esta fase gaseosa se pasa a un intercambiador de calor cuando este se enfría a una temperatura preferida de 20 a 60 °C, más preferiblemente de 30 a 50 °C y todavía más preferiblemente de 35 a 45 °C. La fase líquida obtenida del intercambiador de calor se hace recircular preferiblemente en la cámara de destilación por expansión instantánea. La fase gaseosa obtenida del intercambiador de calor contiene 50 ppm o menos, más preferiblemente 40 ppm o menos, más preferiblemente 30 ppm o menos, más preferiblemente 20 ppm o menos y todavía más preferiblemente
25 10 ppm o menos de absorbente. Esta fase gaseosa se puede utilizar para cualquier propósito concebible, por ejemplo como fuente de energía de la generación de vapor.

Puede ser posible que las corrientes inferiores obtenidas de la columna de destilación cuando se separa la olefina del absorbente comprende adicionalmente un alcohol, más preferiblemente metanol, por ejemplo en concentraciones en el rango de hasta 15 % en peso, preferiblemente de 1 a 15 % en peso, más preferiblemente de 5
30 a 10 % en peso, con base en el peso total de las corrientes inferiores. Este es el caso si, por ejemplo, la corriente de gas introducida en (i) resulta de una reacción, preferiblemente una reacción de epoxidación en donde este alcohol, preferiblemente metanol, se utiliza como solvente. En este caso, el absorbente se separa del alcohol y por ejemplo propeno y propano en dicha cámara de destilación por expansión instantánea o dicho vaporizador de circulación forzado de tal manera que el absorbente obtenido y preferiblemente recirculado externamente en (ii) tiene un
35 contenido de alcohol, preferiblemente un contenido de metanol, de 5 % en peso o menos, preferiblemente 3.5 % en peso o menos, con base en el peso total del absorbente obtenido.

De acuerdo con una realización todavía preferida adicional, la corriente líquida obtenida de esta etapa se pasa a un intercambiador de calor antes de recirculación externa como el absorbente en (ii). En dicho intercambiador de calor, la fase líquida, si es necesario, se puede enfriar a una temperatura de 20 a 55 °C, preferiblemente de 25 a 50 °C y
40 especialmente preferiblemente de 30 a 45 °C.

Este intercambiador de calor utilizado para refrigerar la corriente líquida puede tener esencialmente cualquier configuración. Ejemplos de las configuraciones del intercambiador de calor son intercambiadores de calor de tubo y cubierta, intercambiadores de calor de bobina o intercambiadores de calor de placa. Para los propósitos de la presente invención, se da preferencia a utilizar un intercambiador de calor que se configura como un intercambiador
45 de tubo y cubierta. Como enfriador, se puede emplear cualquier medio concebible. Los refrigerantes preferidos, entre otros, son agua de río común o refrigerantes secundarios tales como agua refrigerada secundaria.

En el proceso general de la presente invención, las unidades de absorción y desorción se conectan para formar una unidad de operación continua. Más aún, se prefiere que la absorción y desorción y olefina, preferiblemente las unidades de separación de propeno se conectan para formar una unidad de operación continua. Más aún, se
50 prefiere que la absorción y desorción y olefina, preferiblemente se conectan las unidades de separación de propeno con los aparatos de epoxidación para formar una unidad de operación continua. De acuerdo con una realización todavía preferida adicional, los condensados obtenidos de (i) se hacen recircular en la reacción de epoxidación la corriente de gas introducidos en (i) que resulta, la olefina obtenida en (iii) se hace recircular en dicha reacción de epoxidación, y el absorbente obtenido de (iii) se hace recircular en (ii). De acuerdo con una realización
55 especialmente preferida de la presente invención, los condensados obtenidos de (i) se hacen recircular en la

reacción de epoxidación de la corriente de gas introducida en (i) que resulta, las corrientes inferiores obtenidas de la columna de absorción en (ii) se hacen recircular parcialmente internamente en (ii), la olefina obtenida en (iii) se hace recircular en dicha reacción de epoxidación, y el absorbente obtenido de (iii) se hace recircular externamente en (ii).

5 Por lo tanto, la presente invención también proporciona un proceso altamente integrado, continuo para producir óxido de propeno, dicho proceso comprende hacer reaccionar propeno con peróxido de hidrógeno en la presencia de un catalizador de zeolita de titanio y metanol como solvente para dar una corriente de producto, dicha corriente de producto que comprende propeno, óxido de propeno, metanol, y agua, dicho proceso comprende adicionalmente separar óxido de propeno de dicha corriente de producto para dar la corriente de efluente gaseoso, que comprende propeno, metanol, por lo menos un gas inerte, 10 % en peso oxígeno o menos, y agua, dicho método integrado
10 comprende adicionalmente

(i) comprimir la corriente de efluente gaseoso a una presión de 13 a 18 bar y refrigerar la corriente de efluente gaseoso comprimida a una temperatura de 30 a 45 °C y repetir la compresión y el enfriamiento una vez o dos veces, en donde de 50 a 90 por ciento en peso del propeno, de 60 a 99 por ciento en peso del metanol y/o de 70 a 99.5 por ciento en peso del agua, comprimida en la corriente de efluente gaseoso, se condensan y se hacen recircular en
15 dicha reacción de epoxidación;

(ii) separar el propeno de la corriente de efluente gaseoso comprimida y enfriada al absorber el propeno a una presión de 13 a 18 bar en un absorbente, dicho absorbente tiene un punto de ebullición de 200 a 300 °C a presión estándar y es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2} en donde n es de 13 a 15, dicha mezcla que comprende el hidrocarburo $C_{14}H_{30}$ en una cantidad de 30 por ciento en peso o más de la mezcla;

20 (iii) separar el propeno del absorbente mediante desorción en una columna de separación a una presión de 16 a 25 bar y una temperatura de 50 a 200 °C, recircular el propeno obtenido en (iii) en dicha reacción de epoxidación y recircular el absorbente en (ii).

Más preferiblemente, la presente invención proporciona un proceso para producir una óxido de olefina, preferiblemente óxido de propeno, como se describió anteriormente, comprende adicionalmente

25 (iv) recircular la corriente de propeno obtenida en (iii) en dicha reacción de epoxidación.

Más preferiblemente, la presente invención proporciona un proceso para producir una óxido de olefina, preferiblemente óxido de propeno, como se describió anteriormente, comprende adicionalmente

30 (v) recircular parcialmente las corrientes inferiores obtenidas de una columna de absorción utilizada en (ii), en dicha columna de absorción, más preferiblemente en una sección de columna de absorción hacia arriba de la sección comprimida se introduce y la corriente de efluente gaseoso fría obtenida en (i), y se hace recircular hacia debajo de la sección del absorbente obtenido en (iii).

Todavía más preferiblemente, la presente invención proporciona un proceso para producir una óxido de olefina, preferiblemente óxido de propeno, como se describió anteriormente, comprende adicionalmente (iv) y (v).

35 En los siguientes métodos preferidos de la presente invención se listan los que resultan de las siguientes realizaciones 1 a 20 que incluyen las combinaciones de estas realizaciones como se da explícitamente:

1. Un método para separar propeno de una corriente de gas, que comprende el propeno y por lo menos otro componente, dicho método comprende

(i) comprimir y refrigerar la corriente de gas;

(ii) separar el propeno de la corriente de gas al absorber el propeno en un absorbente;

40 (iii) separar el propeno del absorbente mediante desorción;

en donde comprimir o enfriar o comprimir y refrigerar en (i) se lleva a cabo dos veces o tres veces.

2. El método de la reivindicación 1, en donde la corriente de gas es la corriente de efluente gaseoso que resulta de un proceso de epoxidación, dicho proceso comprende hacer reaccionar el propeno con peróxido de hidrógeno en la presencia de metanol como solvente y un catalizador de zeolita de titanio para dar una corriente de producto que
45 comprende propeno, óxido de propeno, metanol, y agua, y separar el óxido de propeno de dicha corriente de producto para dar la corriente de efluente gaseoso que comprende propeno, metanol, y agua.

3. El método de la reivindicación 2, en donde, en (i), la corriente de efluente gaseoso se comprime a una presión de 13 a 18 bar y se enfría a una temperatura de 30 a 45 °C y de 40 a 85 por ciento en peso del propeno, de 60 a 99 por ciento en peso del metanol y/o se condensan de 40 a 95 por ciento en peso del agua, comprimida en la corriente de efluente gaseoso.
- 5 4. El método de la reivindicación 3, en donde la olefina, el metanol, y el agua condensada en (i) se hacen recircular en dicha reacción de epoxidación.
5. El método de la reivindicación 1, en donde absorber el propeno en un absorbente se lleva a cabo en por lo menos una columna de absorción a una presión de 13 a 18 bar y una temperatura de 30 a 45 °C, dicho absorbente tiene un punto de ebullición de 200 a 300 °C a presión estándar, y en donde separar la olefina del absorbente se lleva en por lo menos una columna de separación a una presión de 10 a 30 bar y una temperatura de 50 a 200 °C.
- 10 6. El método de la reivindicación 5, en donde el absorbente es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2} en donde n es de 10 a 20, dicha mezcla comprende el hidrocarburo $C_{14}H_{30}$ en una cantidad de 10 por ciento en peso de la mezcla o más.
7. El método de la reivindicación 1, en donde el propeno obtenido en (iii) se hace recircular en dicha reacción de epoxidación.
- 15 8. El método de la reivindicación 1, en donde, después de separación de propeno en (iii), el absorbente se hace recircular en (ii).
9. El método de la reivindicación 1, en donde, después de separación de propeno en (iii), el absorbente, comprende adicionalmente propano y metanol, se separa de propano y metanol y posteriormente se hace recircular en (ii).
- 20 10. El método de la reivindicación 9, en donde la separación del absorbente de propeno y metanol se lleva a cabo en una cámara de destilación por expansión instantánea o en un vaporizador de circulación forzado.
11. Un método para separar una olefina de una corriente de gas, que comprende la olefina y por lo menos otro componente, dicho método comprende
- (i) comprimir y refrigerar la corriente de gas;
- 25 (ii) separar la olefina de la corriente de gas al absorber la olefina en un absorbente, dicho absorbente tiene un punto de ebullición de 200 a 300 °C a presión estándar y es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2}
- en donde n es de 10 a 20, dicha mezcla que comprende el hidrocarburo $C_{14}H_{30}$ en una cantidad de 30 por ciento en peso de la mezcla o más;
- (iii) separar la olefina del absorbente mediante desorción; en donde comprimir o enfriar o comprimir y refrigerar en (i) se lleva a cabo dos veces o tres veces.
- 30 12. El método de la reivindicación 11, en donde el absorbente es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2} en donde n es de 13 a 15, dicha mezcla comprende el hidrocarburo $C_{14}H_{30}$ en una cantidad de 50 por ciento en peso de la mezcla o más.
13. El método de la reivindicación 11, en donde la olefina obtenida en (iii) se hace recircular en dicha reacción de epoxidación.
- 35 14. El método de la reivindicación 11, en donde, después de separación de la olefina en (iii), el absorbente se purifica en una cámara de destilación por expansión instantánea o en un vaporizador de circulación forzado y, después de purificación, se hacen recircular en (ii).
15. El método de la reivindicación 11, en donde la corriente de gas es la corriente de efluente gaseoso que resulta de un proceso de epoxidación, dicho proceso comprende hacer reaccionar la olefina con un hidroperóxido en la presencia de metanol como solvente para dar una corriente de producto, y separar el óxido de olefina de dicha corriente de producto para dar la corriente de efluente gaseoso, dicha corriente de efluente gaseoso que comprende la olefina, metanol, agua, por lo menos un gas inerte, 7 % en peso de oxígeno o menos, y óxido de olefina 100 ppm o menos.
- 40

16. El método de la reivindicación 15, en donde, en (i), la corriente de efluente gaseoso se comprime a una presión de más de 10 a 20 bar y se enfría a una temperatura de 25 a 50 °C y de 40 a 85 por ciento en peso de la olefina, de 60 a 99 por ciento en peso del metanol y se condensan de 40 a 95 por ciento en peso del agua, comprimida en la corriente de efluente gaseoso.
- 5 17. El método de la reivindicación 16, en donde la olefina, el metanol, y el agua condensada en (i) se hacen recircular en dicha reacción de epoxidación.
18. El método de la reivindicación 11, en donde absorber la olefina en el absorbente se lleva a cabo en por lo menos una columna de absorción a una presión de más de 10 a 20 bar, y en donde separar la olefina del absorbente se lleva en por lo menos una columna de separación a una presión de 12 a 28 bar y una temperatura de 50 a 200 °C.
- 10 19. El método de la reivindicación 13, en donde la olefina obtenida en (iii) se obtiene mediante la separación del absorbente en una columna de separación.
20. El método de la reivindicación 11, en donde la olefina es propeno y el hidroperóxido es peróxido de hidrógeno.
- También es posible llevar una, dos o más etapas del proceso de la invención en modo de tanda, se prefiere el modo continuo.
- 15 Se utilizan los siguientes ejemplos para ilustrar la presente invención y no significa que sean limitantes.

Ejemplos

En la Figura 1, se describe un método de acuerdo con la presente invención cuando se combinan tres etapas de compresión con tres etapas de enfriamiento, y cuando se utiliza tetradecano como absorbente.

- 20 Una corriente de efluente gaseoso 1 que tiene una temperatura de 9 °C se introduce a una presión de 1.1 bar dentro de un flujo de masa 1,000 kg/h en la primer unidad de compresión a1. La corriente de efluente gaseoso tiene al siguiente composición: N₂ (0.22 % en peso), O₂ (1.06 % en peso), propeno (90.49 % en peso), propano (4.54 % en peso), metanol (3.51 % en peso), agua (0.18 % en peso).

- 25 A partir de la primera unidad de compresión, la corriente comprimida pasa a una primera unidad de enfriamiento a2, la corriente fría se pasa a una segunda unidad de compresión b1, y la corriente comprimida que deja b1 se pasa a una segunda unidad de enfriamiento b2.

De b2, se retira una corriente condensada 2 que tiene una temperatura de 38 °C a una presión de 6.6 bar y un flujo de masa de 2.66 kg/h. La corriente 2 tiene la siguiente composición: N₂ (0.00 % en peso), O₂ (0.04 % en peso), propeno (6.96 % en peso), propano (0.25 % en peso), metanol (80.70 % en peso), agua (11.63 % en peso).

- 30 La corriente pasada a una tercera unidad de compresión c1 y posteriormente se pasa a una unidad de enfriamiento c2 se separa en una corriente 3 y una corriente 4. La corriente condensada 3 se retira de c2 que tiene una temperatura de 40 °C a una presión de 16.2 bar y un flujo de masa de 693.13 kg/h. La corriente 3 tiene la siguiente composición: N₂ (0.02 % en peso), O₂ (0.17 % en peso), propeno (90.53 % en peso), propano (4.53 % en peso), metanol (4.52 % en peso), agua (0.19 % en peso).

- 35 La corriente 4 se retira de la unidad de enfriamiento c2 que tiene una temperatura de 40 °C a una presión de 16.2 bar y un flujo de masa de 304.04 kg/h. La corriente 4 tiene la siguiente composición: N₂ (0.66 % en peso), O₂ (3.08 % en peso), propeno (91.10 % en peso), propano (4.59 % en peso), metanol (0.51 % en peso), agua (0.05 % en peso).

- 40 La corriente 4 se introduce posteriormente en una unidad de absorción d1 en la cual la parte de las corrientes inferiores como la corriente de recirculación del absorbente interno y una corriente 6 como la corriente de recirculación del absorbente externo se introducen adicionalmente. La corriente de recirculación interna que se introduce en d1 hacia arriba de la sección de d1 introduce la corriente 4, y la corriente de recirculación externa 6 que se introduce en d1 hacia arriba de la sección d1 introduce la corriente de recirculación interna. La presión en d1 es aproximadamente 16 bar.

- 45 A partir de d1, se retira una corriente superior 5 que tiene una temperatura de 16 °C a una presión de 16 bar y un flujo de masa de 10.36 kg/h. La corriente 5 tiene la siguiente composición: N₂ (18.25 % en peso), O₂ (78.44 % en peso), propeno (1.91 % en peso), propano (1.33 % en peso), metanol (0.01 % en peso), agua (0.01 % en peso), y tetradecano (0.00 % en peso). Las corrientes inferiores retiradas de d1 se hacen recircular parcialmente, como se describió anteriormente, y se pasan parcialmente en una primera unidad de desorción e1 de la que se retira una

- primera corriente, se pasa a una segunda unidad de absorción d2 y se hace recircular como la corriente 6, como se describió anteriormente, en d1. La corriente 6 introducida en d1 tiene una temperatura de 16 °C, una presión de 18 bar y un flujo de masa de 412.98 kg/h. La corriente 6e tiene la siguiente composición: N₂ (0.00 % en peso), O₂ (0.00 % en peso), propeno (0.26 % en peso), propano (0.20 % en peso), metanol (0.07 % en peso), agua (0.02 % en peso), y tetradecano (99.46 % en peso).
- 5 La segunda corriente removida de e1 se pasa a una segunda unidad de desorción e2 de la que una corriente 7 resulta que tiene una temperatura de 40 °C, una presión de 18 bar y un flujo de masa de 293.66 kg/h. La corriente 7 tiene la siguiente composición: N₂ (0.05 % en peso), O₂ (0.42), propeno (94.2 % en peso), propano (4.71 % en peso), metanol (0.53 % en peso), agua (0.05 % en peso), y tetradecano (0.00 % en peso).
- 10 El absorbente: relación de corriente de efluente gaseoso (flujo de masa de la corriente 6: flujo de masa de la corriente 1) es 0.42 : 1.
- En la Figura 2, un método de acuerdo con la técnica anterior se describe solo cuando se emplea una etapa de compresión y una etapa de enfriamiento, y en donde se utiliza metanol como absorbente.
- 15 Una corriente de efluente gaseoso 1 que tiene una temperatura de 10 °C se introduce a una presión de 1.1 bar dentro de un flujo de masa de 1,000 kg/h en la unidad de compresión a1. La corriente de efluente gaseoso tiene la siguiente composición: N₂ (0.22 % en peso), O₂ (1.06 % en peso), propeno (90.49 % en peso), propano (4.54 % en peso), metanol (3.51 % en peso), agua (0.18 % en peso).
- 20 A partir de la unidad de compresión a1, la corriente comprimida se pasa a una unidad de enfriamiento a2 de la que se retira una corriente 2 que tiene una temperatura de 25 °C, una presión de 2.5 bar y un flujo de masa de 1,000 kg/h. La corriente 2 tiene la siguiente composición: N₂ (0.22 % en peso), O₂ (1.06 % en peso), propeno (90.49 % en peso), propano (4.54 % en peso), metanol (3.51 % en peso), agua (0.18 % en peso).
- La corriente 2 se introduce posteriormente en una unidad de absorción d1 en la cual una corriente 4 como corriente de recirculación absorbente se introduce adicionalmente. Se introduce la corriente de recirculación se introduce en d1 hacia arriba de la sección de d1 la corriente 2. La presión en d1 es aproximadamente 2.4 bar.
- 25 A partir de d1, se retira una corriente superior 3 que tiene una temperatura de 27 °C a una presión de 2.4 bar y un flujo de masa de 21 kg/h. La corriente 3 tiene la siguiente composición: N₂ (10.33 % en peso), O₂ (49.30 % en peso), propeno (32.59 % en peso), propano (0.55 % en peso), metanol (7.22 % en peso), agua (0.01 % en peso). Las corrientes inferiores retiradas de d1 se pasa en una primera unidad de desorción e1 de la que una primera corriente se retira, que se pasa a una segunda unidad de absorción d2 y se hace recircular como la corriente 4, como se describió anteriormente, en d1. La corriente 4 introducida en d1 tiene una temperatura de 25 °C, una presión de 2.4 bar y un flujo de masa de 23,105 kg/h (es decir, aproximadamente 56 veces el valor del flujo de masa respectivo de acuerdo con la invención). La corriente 4 tiene la siguiente composición: N₂ (0.00 % en peso), O₂ (0.00 % en peso), propeno (0.01 % en peso), propano (0.00 % en peso), metanol (99.98 % en peso), agua (0.01 % en peso).
- 30 La segunda corriente removida de e1 se pasa a una segunda unidad de desorción e2 de la que una corriente 5 resulta que tiene una temperatura de 18 °C, una presión de 18 bar y un flujo de masa de 963 kg/h. La corriente 5 tiene la siguiente composición: N₂ (0.01 % en peso), O₂ (0.03), propeno (93.26 % en peso), propano (4.68 % en peso), metanol (2.00 % en peso), agua (0.01 % en peso).
- 35 El absorbente: relación de corriente de efluente gaseoso (flujo de masa de la corriente 4 : flujo de masa de la corriente 1) es 23 : 1 (i.e.).
- 40 Así, contrario al método de acuerdo con la invención, un método de acuerdo con el cual una cantidad similar de oxígeno por hora que se retira de d1 se puede llevar a cabo solo en una corriente de recirculación absorbente (corriente 4) en un flujo de masa mucho mayor que la corriente de recirculación respectiva de acuerdo con la invención (corriente 6). Sin embargo, entre mayor sea el flujo de masa, más grandes serán las dimensiones que se necesitan para tratar esta corriente, por ejemplo la unidad de desorción e1 y la unidad de absorción d2. A partir de este aspecto solo el método de la presente invención muestra su superioridad comparado con el método descrito de la técnica anterior. Más aún, la corriente 5 retirada de e2 de acuerdo con el método de la técnica anterior contiene una cantidad significativa de absorbente (metanol; 2.00 % en peso) mientras que en la corriente respectiva 7 de la presente invención, el contenido de absorbente es 0.00 % en peso.
- 45

REIVINDICACIONES

1. Un método para separar una olefina de una corriente de gas, dicha corriente de gas comprende la olefina y por lo menos otro componente, dicho método comprende
- (i) comprimir y refrigerar la corriente de gas;
- 5 (ii) separar la olefina de la corriente de gas al absorber la olefina en un absorbente;
- (iii) separar la olefina del absorbente mediante desorción; en donde comprimir o enfriar o comprimir y refrigerar en (i) se lleva a cabo por lo menos dos veces.
2. El método como se reivindica en la reivindicación 1, en donde comprimir y refrigerar en (i) se lleva a cabo tres veces.
- 10 3. El método como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, en donde, en (i), la corriente de gas se comprime a una presión de 10 a 20 bar y se enfría a una temperatura de 25 a 50 °C.
4. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde, en (i), se condensan de 30 a 90 por ciento de la olefina comprimida en la corriente de gas.
- 15 5. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, la corriente de gas comprende adicionalmente metanol o agua o metanol y agua.
6. El método como se reivindica en la reivindicación 5, en donde, en (i), se condensan de 30 a 90 por ciento en peso de la olefina, de 40 a 99 por ciento en peso del metanol y/o de 35 a 99 por ciento en peso del agua, comprimida en la corriente de gas.
- 20 7. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde absorber la olefina en un absorbente se lleva a cabo en por lo menos una columna de absorción a una presión de más de 10 a 20 bar.
8. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el absorbente tiene un punto de ebullición de 200 a 300 °C a presión estándar.
- 25 9. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el absorbente es una mezcla de hidrocarburos C_nH_{2n+2} en donde n es de 10 a 20, dicha mezcla que comprende el hidrocarburo $C_{14}H_{30}$ en una cantidad de 10 por ciento en peso o más de la mezcla.
10. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde separar la olefina del absorbente se lleva en por lo menos una columna de separación.
11. El método como se reivindica en la reivindicación 10, en donde, después de separación de la olefina en (iii), el absorbente se hace recircular en (ii).
- 30 12. El método como se reivindica en la reivindicación 10, en donde, después de separación de la olefina, el absorbente se purifica en una cámara de destilación por expansión instantánea o en un vaporizador de circulación forzado y posteriormente se hace recircular en (ii).
13. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde la olefina es propeno.
- 35 14. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde la corriente de gas es una corriente de efluente gaseoso que resulta de un proceso de epoxidación, dicho proceso comprende hacer reaccionar la olefina con un hidroperóxido para dar una corriente de producto que comprende olefina y óxido de olefina y por lo menos otro componente, y separar el óxido de olefina de dicha corriente de producto para dar la corriente de efluente gaseoso.
- 40 15. El método como se reivindica en la reivindicación 14, en donde la reacción de epoxidación se lleva a cabo en la presencia de un solvente que comprende metanol.
16. El método como se reivindica en la reivindicación 14 o 15, en donde la reacción de epoxidación se lleva a cabo en la presencia de un catalizador de zeolita de titanio.

17. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en donde la corriente de efluente gaseoso comprende la olefina, metanol, agua, por lo menos un gas inerte, 10 % en peso de oxígeno o menos, y óxido de olefina 100 ppm o menos.
- 5 18. El método como se reivindica en la reivindicación 17, en donde, en (i), se condensan de 30 a 90 por ciento en peso de la olefina, de 40 a 99 por ciento en peso del metanol y de 35 a 99 por ciento en peso del agua, comprimida en la corriente de efluente gaseoso.
19. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, en donde la olefina es propeno y el óxido de olefina es óxido de propeno.
- 10 20. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 14 a 19, en donde la olefina obtenida en (iii) se hace recircular en dicha reacción de epoxidación.
21. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20, en donde la olefina, el metanol, y el agua condensada en (i) se hacen recircular en dicha reacción de epoxidación.
22. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 14 a 21, en donde el hidroperóxido es peróxido de hidrógeno.
- 15 23. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, que comprende recircular parcialmente las corrientes inferiores obtenidas de una columna de absorción utilizada en (ii), en dicha columna de absorción.

FIG.1

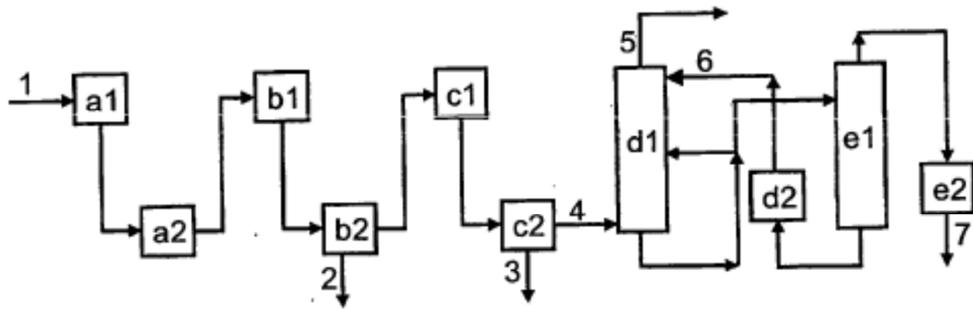


FIG.2

