

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 480 293**

51 Int. Cl.:

C08F 6/00 (2006.01)
B01D 19/00 (2006.01)
B01J 8/00 (2006.01)
F25J 1/02 (2006.01)
F25J 3/06 (2006.01)
C08F 10/00 (2006.01)
C08J 11/02 (2006.01)
F25J 3/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2011 E 11738097 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.04.2014 EP 2591015**

54 Título: **Expansión de etileno para refrigeración a baja temperatura en la recuperación de ventilación de polietileno**

30 Prioridad:

09.07.2010 US 362989 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.07.2014

73 Titular/es:

UNIVATION TECHNOLOGIES, LLC (100.0%)
5555 San Felipe Suite 1950
Houston, TX 77056, US

72 Inventor/es:

FORCE, RANDALL, L. y
FISCHER, DONALD, A.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 480 293 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

Expansión de etileno para refrigeración a baja temperatura en la recuperación de ventilación de polietileno

5 **Campo de la invención**

En el presente documento se divulga una recuperación de gases de ventilación de poliolefinas que usa un sistema de refrigeración de etileno. En el presente documento también se describe un procedimiento y un sistema para el uso de la expansión de etileno para una refrigeración a baja temperatura en la recuperación de ventilación de un proceso con polietileno.

Antecedentes

Las olefinas, tales como etileno, se pueden polimerizar poniéndolas en contacto en condiciones de polimerización con un catalizador para producir un polimérico granulado. Los polímeros granulados producidos contienen normalmente alcanos y alquenos líquidos o gaseosos residuales así como otros hidrocarburos. Estos hidrocarburos se deben retirar de la resina granulada por muchos motivos incluyendo, por ejemplo, el control de calidad del producto terminado final y motivos de seguridad. Además, se requiere la eliminación apropiada del hidrocarburo para cumplir con los estándares medioambientales con respecto a las emisiones de hidrocarburos.

Existen varias técnicas para retirar hidrocarburos volátiles de los polímeros. Por ejemplo, las patentes de los EE.UU. N.º 4.197.399, 3.594.356 y 3.450.183 divulgan un recipiente en columna (o cilíndrico recto) usado como purgador, denominado compartimento de purga de polímero, o compartimento de purga de producto. La patente de los EE.UU. N.º 4.372.758 divulga un proceso de desgasificación o purgado para retirar hidrocarburos, tales como alquenos, de polímeros de olefina sólidos. En general, el proceso de purgado comprende transportar el polímero sólido (por ejemplo, en forma granulada) a un compartimento de purga de polímero y poner en contacto el polímero en el compartimento de purga con una corriente de gas de purga inerte a contracorriente para retirar los vapores de hidrocarburos que se liberan del polímero. El nitrógeno es el usado más comúnmente como gas de purga inerte. Sin embargo, también es posible el uso de un gas rico en hidrocarburos ligeros para retirar los hidrocarburos más pesados en una primera fase y a continuación usar un gas inerte en una segunda fase para la tarea comparativamente fácil de retirar los hidrocarburos ligeros que permanecen en y alrededor de la resina después de la primera fase.

Típicamente, se utiliza un sistema de recuperación de ventilación para recuperar hidrocarburos, tales como un monómero de olefina, de la corriente de gas inerte de purga e hidrocarburos mezclados que salen del recipiente de purga. Los procedimientos existentes de recuperación de hidrocarburos en el gas de ventilación del proceso de polimerización incluyen: (a) compresión y condensación con al menos uno de agua o aire, refrigeración mecánica, y expansión de etileno, para enfriar hasta aproximadamente -10°C ; y (b) separación por medio de adsorción por cambio de presión (PSA) o membranas. En las plantas de polietileno en fase gas existentes, la opción (a) es la usada más comúnmente, sin embargo, también se puede usar una combinación de la (a) y la opción (b).

En un sistema de compresión y condensación, tal como se describe en la patente de los EE.UU. N.º 5.391.656, se trata una corriente de ventilación de un compartimento de purga de polímero que contiene un gas inerte, tal como nitrógeno, y un monómero de olefina en una serie de etapas que incluyen: (a) enfriar hasta condensar una parte del gas de ventilación de polimerización; (b) separar los líquidos condensados del gas ligero no condensable restante; (c) comprimir el gas ligero no condensable; (d) enfriar la corriente comprimida para promover una condensación adicional; (e) separar adicionalmente los líquidos condensados del gas ligero no condensable restante; y (f) reciclar los líquidos condensados que contienen el monómero de olefina.

Los sistemas de recuperación de ventilación de compresión y enfriamiento convencionales que usan enfriamiento con agua o aire ambiental pueden recuperar la mayoría de los hidrocarburos más pesados, tales como buteno, isopentano, hexeno, hexano, y otros alcanos pesados y olefinas, contenidos en el gas de ventilación. Sin embargo, la cantidad de recuperación de hidrocarburo se ve limitada por el límite práctico sobre la temperatura de suministro al medio de enfriamiento ambiente. En consecuencia, típicamente, un sistema de recuperación de gas de ventilación convencional recuperará sólo hasta un 50 % del monómero de etileno ventilado, lo que provoca una pérdida de hidrocarburo valioso y un incremento de la quema.

Además, el gas inerte, tal como nitrógeno, que permanece en el gas de ventilación de polimerización después de la separación del líquido condensado, aún puede contener cantidades significativas de hidrocarburos más pesados, excluyendo su reutilización como gas de purga o secado de resina. Para lograr una mayor recuperación de etileno y lograr una mayor calidad del gas recuperado, se puede requerir un procesamiento adicional.

Los sistemas de refrigeración, incluyendo la refrigeración mecánica y la expansión de olefina, también se pueden usar para el enfriamiento en la separación de gas de ventilación de polimerización. La refrigeración tiene ciertas ventajas sobre el enfriamiento ambiente convencional. Por ejemplo, los sistemas de refrigeración pueden lograr una temperatura de condensación final por debajo de 0°C , y por tanto, pueden ser más eficaces en la retirada de

hidrocarburo del gas de ventilación de polimerización.

La refrigeración mecánica usa un sistema de refrigeración de compresión para proporcionar un refrigerante, tal como salmuera enfriada o mezcla de glicoles, al área de recuperación de ventilación. Típicamente, las unidades de refrigeración mecánica (MRU) logran una temperatura de condensación de gas de ventilación de polimerización final de tan sólo de -10 a -20 °C, facilitando así la recuperación de hidrocarburo líquido adicional por medio de la condensación. Sin embargo, las MRU requieren altos costes de equipo y costes de funcionamiento de las unidades asociados con el incremento en el uso de energía y la manipulación de refrigerante. Además, las MRU pueden requerir la introducción de productos químicos nuevos y potencialmente tóxicos en el sitio, tales como halo-fluorocarburos, para la refrigeración por compresión de salmuera o glicol, lo que puede no ser deseable.

También se puede usar la expansión de olefina para la recuperación de gas de ventilación, en la que la condensación de hidrocarburos en un gas de ventilación de polimerización que contiene gases inertes no condensables, tales como nitrógeno, se lleva a cabo por medio de la expansión parcial de una olefina a alta presión. La patente de los EE.UU. N.º 5.391.656 divulga un proceso de este tipo de "refrigeración libre", donde el etileno se expande parcialmente desde una presión alta, tal como aproximadamente 5,52-6,89 MPa (aproximadamente 800-1000 psig), hasta una presión menor requerida para suministrar la corriente del sistema de purificación de etileno corriente arriba de la unidad de polimerización, tal como una presión de aproximadamente 2,41-2,76 MPa (aproximadamente 350-400 psig). De modo similar al funcionamiento de la MRU típica, en general, la expansión parcial de etileno puede lograr una temperatura de condensación final de -10 a -20 °C, suficiente para condensar un alto porcentaje del monómero de etileno contenido en el gas de ventilación del proceso. Sin embargo, aún puede permanecer una cantidad significativa de etileno en el gas de ventilación no condensado.

Por lo tanto, aún existe una necesidad de obtener un procedimiento y aparato mejorados para separar hidrocarburos del gas de ventilación de polimerización que podrían: (a) recuperar y reutilizar más del monómero de olefina valioso; (b) reducir la quema de hidrocarburos no recuperados; y (c) permitir la reutilización del gas de ventilación que contiene gases inertes, tales como nitrógeno, como medio de purga para el compartimento de purga de polímero.

Sumario

En el presente documento se divulga un proceso para la recuperación de hidrocarburos de un gas de ventilación de polimerización. El proceso comprende: (a) reducir la presión de una corriente de etileno desde una presión mayor de o igual a 3,4 MPa hasta una presión menor de o igual a aproximadamente 1,4 MPa para formar una corriente de etileno de presión reducida; (b) enfriar un gas de ventilación que comprende un monómero por medio de intercambio de calor con la corriente de etileno de presión reducida para formar un primer condensado que comprende al menos una parte del monómero arrastrado en un primer gas ligero; (c) recuperar el primer condensado y el primer gas ligero; (d) separar el primer condensado del primer gas ligero; (e) comprimir la corriente de etileno de presión reducida a una presión mayor que o igual a 2,4 MPa; y (f) pasar la corriente de etileno comprimida a un reactor de polimerización.

En el presente documento también se divulga un sistema para la recuperación de hidrocarburos de un gas de ventilación de polimerización. El sistema puede comprender un expansor de etileno y un primer sistema de recuperación de gas de ventilación en comunicación fluida con el expansor de etileno. El primer sistema de recuperación de gas de ventilación puede comprender (i) un intercambiador de calor en comunicación fluida con una línea de gas de ventilación y el expansor de etileno y configurada para proporcionar un intercambio de calor entre un gas de ventilación de entrada y el etileno del expansor de etileno, donde el etileno de entrada del expansor de etileno se condensa en un primer condensado que comprende monómeros de etileno en un primer gas ligero; (ii) un separador en comunicación fluida con el intercambiador de calor que tiene una entrada configurada para recibir el primer condensado y configurada para separar el primer condensado del primer gas ligero; y (iii) un compresor en comunicación fluida con el separador que tiene una entrada configurada para recibir el primer gas ligero del separador.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra un proceso para recuperar hidrocarburos de un gas de ventilación de polimerización usando expansión de etileno.

La figura 2 ilustra un proceso para recuperar hidrocarburos de un gas de ventilación de polimerización usando expansión de etileno realizado por medio de un sistema de válvulas de bloqueo.

La figura 3 ilustra un proceso para recuperar hidrocarburos de un gas de ventilación de polimerización usando expansión de etileno realizado por medio de un sistema de turbinas de compresor-expansor.

La figura 4 ilustra un proceso para recuperar hidrocarburos de un gas de ventilación de polimerización usando expansión de etileno en combinación con compresión y enfriamiento del gas de ventilación de polimerización.

La figura 5 ilustra un proceso para recuperar hidrocarburos de un gas de ventilación de polimerización usando compresión y enfriamiento de un gas de ventilación de polimerización.

Descripción detallada

5 En el presente documento se divulgan procedimientos y sistemas para recuperar hidrocarburos en una corriente de ventilación de un proceso de polimerización. Más específicamente, en el presente documento se divulgan procedimientos y sistemas para la recuperación de un monómero de olefina de un gas de ventilación de polimerización usando refrigeración de etileno para condensar y recuperar los monómeros de olefina del gas de ventilación. En algunos modos de realización, los procedimientos y sistemas también pueden incluir la compresión y condensación de gas de ventilación de polimerización, recompresión del refrigerante de etileno, y uso de un dispositivo de turbina de compresor-expansor para la refrigeración de etileno.

15 Se puede usar la expansión de olefina para generar un medio de transferencia de calor para enfriar un gas de ventilación de polimerización. Por ejemplo, se puede expandir una olefina de alta presión, tal como un monómero de etileno, para producir un refrigerante de baja temperatura que se puede usar para enfriar un gas de ventilación de polimerización. En algunos modos de realización, se puede usar la expansión de un conducto de etileno de alta presión disponible típicamente en una planta de polietileno para la recuperación del monómero de etileno del gas de ventilación de polimerización. Por ejemplo, se puede suministrar el etileno de alta presión a partir de una fuente interna dentro de la planta. Un experto en la técnica reconocerá que el etileno de alta presión también puede venir de otras fuentes.

Típicamente, se suministra el etileno del conducto a una presión mayor que la requerida para alimentar un sistema de purificación de etileno corriente arriba de los procesos de polimerización. Se puede suministrar el etileno del conducto de alta presión a una presión mayor de 3,4 MPa, o mayor de 6,8 MPa.

30 Se puede expandir el etileno de alta presión para producir un etileno de presión reducida que tiene una temperatura reducida que se puede usar como refrigerante en un proceso de recuperación de gas de ventilación de polimerización. En algunos modos de realización, se puede enfriar el etileno de alta presión hasta una temperatura de menos de aproximadamente 10 °C antes de la expansión. Se puede reducir la presión de etileno por medio de la expansión desde una presión mayor de o igual a 3,4 MPa hasta una presión menor de o igual a 1,4 MPa, o hasta una presión menor de o igual a 0,9 MPa, o menor de o igual a 0,2 MPa. La reducción de presión por medio de la expansión puede producir un refrigerante de etileno con una temperatura menor de o igual a -30 °C, o menor de o igual a -50 °C, o menor de o igual a -90 °C. Con el uso de la refrigeración de etileno a temperaturas menores de o iguales a aproximadamente -30 °C se puede lograr un alto nivel de recuperación de hidrocarburo por medio de la condensación del gas de ventilación de polimerización.

40 Por ejemplo, la reducción de la presión de etileno por medio de la expansión desde aproximadamente 3,4 MPa hasta una presión de 1,4 MPa o menos puede producir refrigerante de etileno a una temperatura de aproximadamente -30 °C o menos. En otro ejemplo, la reducción de la presión de etileno por medio de la expansión desde aproximadamente 3,5 MPa hasta una presión de 0,9 MPa o menos puede producir refrigerante de etileno a una temperatura de aproximadamente -50 °C o menos. En otro ejemplo, la reducción de la presión de etileno por medio de la expansión desde aproximadamente 3,5 MPa hasta una presión de 0,2 MPa o menos puede producir refrigerante de etileno a una temperatura de aproximadamente -90 °C o menos.

45 En algunos modos de realización, la presión mínima de etileno requerida para suministrar al sistema de purificación de etileno es de aproximadamente 3,1 MPa. Por lo tanto, el etileno de presión reducida, después de facilitar la tarea de refrigeración necesaria, posteriormente se puede comprimir para enviar el etileno a través de un sistema de purificación de etileno. En un modo de realización particular, se puede comprimir el etileno de presión reducida hasta una presión mayor de o igual a 2,4 MPa, o mayor de o igual a 3,1 MPa para suministrar al sistema de purificación de etileno después de enfriar el gas de ventilación de polimerización. En otros modos de realización, se puede comprimir el etileno hasta presiones que sean necesarias para alimentar un sistema de purificación de polimerización o un proceso de polimerización, incluyendo procesos de polimerización en fase gas, sistemas con reactores de bucle, y sistemas con reactores de suspensión.

50 En referencia ahora a la figura 1, se ilustra un proceso para recuperar hidrocarburos de un gas de ventilación de polimerización por medio de condensación. Se puede expandir una corriente de etileno de alta presión (107) desde una alta presión, tal como una presión de suministro de conducto, hasta una presión menor en el sistema de expansión de etileno (14). Se puede recuperar el etileno de baja presión, que tiene una temperatura reducida, por medio de la línea de flujo (109).

65 Un gas de ventilación de polimerización (105), que puede incluir gases inertes e hidrocarburos condensables, se puede enfriar y condensar al menos parcialmente por medio del intercambio de calor indirecto con el etileno de baja presión en un primer sistema de recuperación de gas de ventilación (16). A continuación, el gas de ventilación de polimerización, incluyendo el condensado arrastrado, se pueden separar en un primer condensado, recuperado por medio de la línea de flujo (111), y un primer gas de ventilación, recuperado por medio de la línea de flujo (113).

El etileno, después del intercambio de calor indirecto, se puede recuperar por medio de la línea de flujo (115). A continuación, se puede incrementar la presión del etileno, tal como hasta una presión suficiente para alimentar el etileno a un sistema de purificación de etileno o a un reactor de polimerización, en el sistema de compresión de etileno (18), recuperando el etileno comprimido en la corriente (117).

El gas de ventilación de polimerización (105) puede ser una ventilación que se origina desde un reactor de polimerización (no mostrado) y se separa de un producto de polimerización (no mostrado). El proceso de polimerización puede ser un proceso de lecho fluidizado en fase gas, un proceso de suspensión con catalizador heterogéneo, o cualquier otro proceso para la polimerización de monómeros en polímeros. La ventilación de la reacción de polimerización se puede originar desde un dispositivo de purgado, por ejemplo, un compartimento de purga de polímero, donde el hidrocarburo residual se retira de los polímeros pasando un medio de purga a través de un recipiente que contiene el producto de polímero. El medio de purga puede ser un gas inerte, tal como nitrógeno o argón, o cualquier gas bajo en hidrocarburos que son el objetivo de la retirada del producto de polímero, por ejemplo, un monómero de olefina. En los sistemas de polimerización líquida, el gas de ventilación también se puede originar desde uno o más depósitos separadores corriente abajo del proceso de polimerización.

El efluente de la reacción de polimerización contiene con frecuencia monómero de etileno sin reaccionar arrastrado con el producto de polimerización. El gas de ventilación de polimerización (105) puede incluir monómeros y comonómeros, tales como olefinas C_2 a C_{12} y dienos; diluyentes de reactor, tales como hidrocarburos C_1 a C_{10} ; y un gas inerte, tal como nitrógeno o argón. En algunos modos de realización, el gas de ventilación de polimerización (105) incluye monómero de etileno. El gas de ventilación de polimerización (105) también puede incluir comonómeros C_4 a C_{12} . El gas de ventilación de polimerización (105) también puede incluir un agente de condensación inducido (ICA), por ejemplo, un cicloalcano. Se pueden usar ICA, tales como isobutano, isopentano, n-hexano, e hidrocarburos halogenados, para elevar el peso molecular o calor específico del gas de ventilación para promover la condensación de los componentes más ligeros, tales como el monómero de etileno.

El monómero de etileno, comonómeros y diluyentes de reactor se pueden retirar del producto de polimerización en el compartimento de purga de polímero usando un medio de purga para producir el gas de ventilación de polimerización (105). En algunos modos de realización, el gas de ventilación de polimerización (105) puede incluir un gas inerte, por ejemplo, nitrógeno o argón, que se puede introducir como medio de purga o como gas auxiliar en el reactor de polimerización. En otros modos de realización, el gas de ventilación de polimerización (105) puede incluir hidrocarburos de bajo peso molecular, tales como etileno, para ayudar en la retirada de hidrocarburos del producto de polimerización.

El etileno de presión reducida (109), que tiene una temperatura reducida, puede incluir monómero de etileno que se origina de una fuente de etileno de alta presión, tal como un conducto de etileno. En algunos modos de realización, el etileno puede contener etileno de alta pureza. En otros modos de realización, el etileno en la línea de flujo (109) puede contener más de un 80 % de etileno.

El etileno de alta presión (107) se puede expandir en un sistema de expansión de etileno (14) para reducir la temperatura del etileno, recuperado por medio de la línea de flujo (109). En algunos modos de realización, el etileno expandido en la línea de flujo (109) puede estar a una temperatura menor de o igual a aproximadamente $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, o menor de o igual a o aproximadamente $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, o menor de o igual a aproximadamente $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El primer condensado (111) puede ser un líquido que contiene hidrocarburos, por ejemplo, monómero de etileno y comonómeros, que tiene un punto de ebullición mayor que un primer gas de ventilación (113). El primer condensado (111) puede ser una olefina o una mezcla de olefinas y parafinas. También se puede arrastrar gas nitrógeno con el primer condensado (111) durante las etapas de procesamiento incluyendo condensación y separación. En algunos modos de realización, el primer condensado (111) puede comprender menos de un 2 % de nitrógeno, o menos de un 1 % de nitrógeno.

En algunos modos de realización, se puede formar el primer condensado (111) a partir del gas de ventilación de polimerización (105) en un primer sistema de recuperación de gas de ventilación (16) condensando al menos una parte de los hidrocarburos en el gas de ventilación. Por ejemplo, se puede formar el primer condensado (111) enfriando hasta condensar al menos una parte del gas de ventilación por medio de intercambio de calor indirecto con el etileno expandido en la línea de flujo (109). El primer condensado (111) se puede separar adicionalmente del primer gas de ventilación (113), por ejemplo, usando un recipiente separador.

El primer gas de ventilación (113) puede incluir un compuesto inerte, por ejemplo, nitrógeno o argón, y puede tener un contenido en hidrocarburo reducido en comparación con el gas de ventilación de polimerización (105). En algunos modos de realización, el primer gas de ventilación (113) es un gas ligero y puede incluir hidrocarburos ligeros, por ejemplo, monómero de etileno. En otros modos de realización, el primer gas de ventilación (113) también puede contener hidrocarburos C_3 y más pesados, por ejemplo, comonómeros y ICA. La cantidad de etileno y/u otros hidrocarburos ligeros que quedan con el primer gas de ventilación (113) puede depender de varios factores, incluyendo la temperatura del primer gas de ventilación (113) después del intercambio de calor indirecto con el

etileno expandido (109).

5 En algunos modos de realización, el primer gas de ventilación (113), que contiene algo de hidrocarburo residual, se puede desechar por ventilación con quema o se puede reciclar al primer sistema de recuperación de gas de ventilación (16) para el tratamiento adicional por medio de la línea de flujo (116). En otros modos de realización, el primer gas de ventilación (113), que tiene una cantidad reducida de hidrocarburos más pesados, se puede usar como medio de purga para el compartimento de purga de polímero.

10 Después del intercambio de calor indirecto del etileno expandido en la línea de flujo (109) y el gas de ventilación, el etileno expandido se puede recuperar por medio de la línea de flujo (115). En algunos modos de realización, el etileno expandido en la línea de flujo (115) se puede comprimir en un sistema de recompresión de etileno (18).

15 El etileno comprimido (117) se produce en una o más etapas de compresión en el sistema de recompresión de etileno (18). Por ejemplo, se puede usar un compresor alternativo o un compresor de husillo para comprimir etileno. Un experto en la técnica reconocerá que también se pueden usar otros tipos de compresores para comprimir etileno. El etileno en la línea de flujo (117) se puede comprimir hasta una presión mayor de o igual a aproximadamente 2,4 MPa, mayor de o igual a 3,1 MPa. El etileno comprimido (117) se puede enfriar hasta una temperatura menor de o igual a aproximadamente 10 °C. En algunos modos de realización, el etileno comprimido (117) se puede enviar además a la purificación de etileno corriente arriba del reactor de polimerización. En otros modos de realización, el etileno comprimido (117) se puede combinar con una fuente de etileno de alta presión para alimentar a la purificación de etileno. En otros modos de realización más, el etileno comprimido (117) se puede enviar directamente al reactor de polimerización.

25 Refrigeración de etileno

En referencia a las figuras 2 y 3, se ilustran los modos de realización de la expansión de etileno, recuperación del gas de ventilación por medio de intercambio de calor indirecto, y compresión de etileno.

30 El etileno de alta presión (201, 301) se enfría por expansión, y el etileno expandido se recupera, opcionalmente por medio de la línea de flujo (203, 303). El etileno expandido (opcionalmente en la línea de flujo (203, 303)) se usa para enfriar un gas de ventilación de polimerización (205, 305) por medio de transferencia de calor indirecta en una o más etapas y se puede recuperar por medio de la línea de flujo (207, 307). El etileno de presión reducida (opcionalmente en la línea de flujo (207, 307)) que tiene una temperatura incrementada se comprime para producir etileno comprimido (209, 309). El etileno comprimido (209, 309) se envía directamente al reactor de polimerización.

35 La expansión de etileno, el intercambio de calor indirecto, y la compresión de etileno se pueden llevar a cabo cada uno usando diversos esquemas de flujo, de los que se ilustran dos modos de realización en las figuras 2 y 3. En referencia ahora a la figura 2, el etileno de alta presión (201) de una fuente de alta presión se expande parcialmente hasta una presión inferior por medio de una válvula de bloqueo de alta presión (21). Antes de la expansión, el etileno de alta presión (201) se puede enfriar por medio del intercambio de calor indirecto en un preenfriador de etileno a alta presión (20). Por ejemplo, antes de la expansión, la corriente de etileno se puede enfriar hasta una temperatura menor de o igual a aproximadamente 10 °C. Se puede recuperar el etileno de baja presión, que tiene una temperatura reducida, por medio de la línea de flujo (203).

45 Un gas de ventilación de polimerización (205), que puede incluir gases inertes e hidrocarburos condensables, se puede enfriar y condensar al menos parcialmente por medio de intercambio de calor indirecto con el etileno de baja presión (203) en una o más etapas para producir un primer condensado (217) y un primer gas ligero (215). Más específicamente, el gas de ventilación de polimerización (205) se puede enfriar por medio de intercambio de calor indirecto con el etileno de baja presión (203) en un primer enfriador de gas de ventilación (22), recuperando el etileno de baja presión por medio de la línea de flujo (211).

50 Después de enfriar y condensar parcialmente el gas de ventilación de polimerización (205) en el primer enfriador de gas de ventilación (22), se puede separar una corriente de fase mezclada (213) en un primer recipiente separador (24), recuperando el primer gas ligero resultante (215) y el primer condensado (217). Se puede usar el primer gas ligero (215), solo o en combinación con el etileno de baja presión (211), para enfriar adicionalmente el gas de ventilación de polimerización. Por ejemplo, se puede enfriar el gas de ventilación de polimerización (205) en un segundo enfriador de gas de ventilación (23) por medio de intercambio de calor indirecto con ambos el primer gas ligero (215) y el etileno de baja presión (211). De forma similar al primer enfriador de gas de ventilación (22), el segundo enfriador de gas de ventilación (23) puede incluir, pero no limitarse a, intercambiador de calor de carcasa y tubos, un intercambiador de calor devanado en espiral, o un intercambiador de calor de aluminio soldado. Un experto en la técnica reconocerá que también se pueden usar otros tipos de intercambiadores de calor.

65 El etileno, después del intercambio de calor indirecto, se puede recuperar por medio de la línea de flujo (207). A continuación, se puede incrementar la presión del etileno, tal como hasta una presión suficiente para alimentar el etileno a un sistema de purificación de etileno o a un reactor de polimerización, usando un compresor de etileno (25), recuperando el etileno comprimido por medio de la línea de flujo (209). Después de la compresión, el etileno se

puede enfriar en un postenfriador de compresor (26).

En referencia ahora a la figura 3, el etileno de alta presión (301) de una fuente de alta presión se expande parcialmente hasta una presión inferior por medio de un expansor de etileno (31) que se puede usar para recuperar energía útil. El etileno expandido, que tiene una temperatura reducida, se puede recuperar por medio de la línea de flujo (303). Antes de la expansión, el etileno de alta presión (301) se puede enfriar por medio del intercambio de calor indirecto en un preenfriador de etileno a alta presión (30).

La energía de expansión recuperada en el expansor de etileno (31) se puede usar como fuerza motora para diversos procesos o se puede usar para generar electricidad. Por ejemplo, al menos una parte de la energía generada de la reducción de la presión del etileno se puede usar después para comprimir el etileno de presión reducida en un motor de expansión o turbina de expansión. En un modo de realización, el expansor de etileno (31) se puede conectar a un precompresor de etileno (37) por medio de un eje de accionamiento para proporcionar al menos una parte de la energía requerida para la recompresión del etileno expandido.

Un gas de ventilación de polimerización (305), que puede incluir gases inertes e hidrocarburos condensables, se puede enfriar y condensar al menos parcialmente por medio de intercambio de calor indirecto con el etileno expandido (303) en una o más etapas para producir un primer condensado (317) y un primer gas ligero (315). Más específicamente, el gas de ventilación de polimerización (305) se puede enfriar por medio de intercambio de calor indirecto con el etileno expandido (303) en un primer enfriador de gas de ventilación (32), recuperando el etileno de baja presión por medio de la línea de flujo (313).

Después de enfriar y condensar parcialmente el gas de ventilación de polimerización (305) en el primer enfriador de gas de ventilación (32), se puede separar una corriente de fase mezclada (313) en un primer recipiente separador (34), recuperando el primer gas ligero resultante (315) y el primer condensado (317). Se puede usar el primer gas ligero para enfriar adicionalmente el gas de ventilación de polimerización, por ejemplo, en un segundo enfriador de gas de ventilación (33) por medio de intercambio de calor indirecto. De forma similar al primer enfriador de gas de ventilación (32), el segundo enfriador de gas de ventilación (33) puede incluir, pero no limitarse a, intercambiador de calor de armazón y tubo, un intercambiador de calor envuelto en espiral, o un intercambiador de calor de aluminio soldado. Un experto en la técnica reconocerá que también se pueden usar otros tipos de intercambiadores de calor.

El etileno, después del intercambio de calor indirecto, se puede recuperar por medio de la línea de flujo (311) y recomprimirse en una o más etapas de compresión. Por ejemplo, el etileno en la línea de flujo (311) se puede comprimir inicialmente en un precompresor de etileno (37) y a continuación comprimirse adicionalmente en un compresor de etileno (35) para producir etileno comprimido (309). En algunos modos de realización, el compresor de etileno (35) o el precompresor de etileno (37) solo se puede usar para comprimir el etileno. La compresión del etileno en una o más etapas puede ser hasta una determinada presión, tal como hasta una presión suficiente para alimentar el etileno a un sistema de purificación de etileno o a un reactor de polimerización.

Antes de la compresión, se puede recuperar la tarea de enfriamiento adicional del etileno expandido en la línea de flujo (311) usándolo para enfriar el etileno de alta presión (301) en un preenfriador de etileno de alta presión (30) antes de la expansión.

Después de la compresión, se puede enfriar el etileno para retirar al menos una parte del calor de compresión generado en una o más etapas de la compresión de etileno. Por ejemplo, un postenfriador de compresor (36) puede enfriar el etileno comprimido corriente abajo del precompresor de etileno (37). En otro modo de realización, no mostrado, el postenfriador de compresor (36) puede estar situado corriente abajo del compresor de etileno (35) para retirar el calor de la compresión de etileno. En otros modos de realización más, se pueden usar dos o más postenfriadores de compresión en serie después de la(s) etapa(s) de compresión.

En referencia ahora a ambas figuras 2 y 3, el etileno de alta presión (201, 301) se puede enfriar en el preenfriador de etileno de alta presión (20, 30) usando un medio de transferencia de calor no refrigerado, tal como agua o aire, o usando refrigeración mecánica. En algunos modos de realización, el etileno de alta presión (301) se puede enfriar usando el etileno expandido (311), que tiene una temperatura intermedia después del intercambio de calor indirecto con un gas de ventilación.

El primer enfriador de gas de ventilación (22, 32) o el segundo enfriador de gas de ventilación (23, 33) se pueden seleccionar individualmente de un intercambiador de calor de carcasa y tubos, intercambiador de calor de aluminio soldado, y un intercambiador de calor devanado en espiral. Un experto en la técnica reconocerá que también se pueden usar otros tipos de intercambiadores de calor para enfriar el gas de ventilación.

En algunos modos de realización, el gas de ventilación de polimerización (205, 305) se pueden enfriar y condensar parcialmente en al menos uno del primer enfriador de gas de ventilación (22, 32) y el segundo enfriador de gas de ventilación (23, 33) para producir una mezcla de dos fases (213, 313). Una fase vapor de la mezcla de dos fases (213, 313) puede incluir los componentes no condensables e inertes, tales como nitrógeno y argón, mientras que una fase líquida de la mezcla de dos fases (213, 313) puede incluir hidrocarburos líquidos. La mezcla de dos fases

(213, 313) se puede separar en el primer gas ligero (215, 315) y el primer condensado (217, 317) en el primer recipiente separador (24, 34).

5 Como se describe para los modos de realización de la figura 1 anteriores, el primer gas ligero (215, 315) puede tener un contenido en hidrocarburos reducido en comparación con el gas de ventilación de polimerización (205, 206). El primer gas ligero (215) también se puede usar para enfriar un gas de ventilación de polimerización por medio de intercambio de calor indirecto en un enfriador de gas de ventilación. En algunos modos de realización, el primer gas ligero (215 y 315) puede contener hidrocarburo residual, por ejemplo, monómero de etileno. El primer gas ligero (215 y 315) que contiene una cantidad significativa de hidrocarburo residual se puede desechar por ventilación con quema por medio de la línea de flujo (219, 319) o por reciclado al sistema de recuperación de gas de ventilación para tratamiento adicional. En otros modos de realización, el primer gas ligero (215, 315) puede contener esencialmente ningún hidrocarburo residual C4 o más pesado. El primer gas ligero (215, 315), cuando ha reducido suficientemente el contenido en hidrocarburos pesados, se puede reciclar como medio de purga (221, 321) a un compartimento de purga de polímero.

15

Visión general de la segunda recuperación del gas de ventilación usando compresión

El gas de ventilación se puede recuperar comprimiendo un gas de ventilación de polimerización para condensar al menos una parte de los hidrocarburos. Como resultado de la compresión, la presión incrementada del gas de ventilación de polimerización eleva el punto de rocío de un componente de hidrocarburo, por ejemplo, monómero de etileno, en el gas de ventilación. Por lo tanto, un componente de hidrocarburo en un gas de ventilación de polimerización comprimido se puede condensar a una temperatura mayor, reduciendo así los requisitos de enfriamiento. En algunos modos de realización, una combinación de compresión y refrigeración también puede incrementar la recuperación global de ciertos hidrocarburos con bajo punto de ebullición en el gas de ventilación de polimerización, por ejemplo, monómero de etileno, en comparación con la refrigeración con nada de compresión.

20

La recuperación de gas de ventilación de polimerización usando compresión y enfriamiento no refrigerado se puede llevar a cabo en serie con refrigeración de etileno para lograr una recuperación de gas de ventilación adicional. Por ejemplo, en primer lugar, un gas de ventilación de polimerización puede sufrir una compresión y condensación inicial a mayores temperaturas seguido de enfriamiento de etileno refrigerado para condensar progresivamente el hidrocarburo adicional a menores temperaturas.

25

En referencia ahora a la figura 4, se ilustra el procedimiento para recuperar hidrocarburos de un gas de ventilación de polimerización, incluyendo la compresión y el enfriamiento del gas de ventilación de polimerización para lograr un incremento en la recuperación de hidrocarburos.

30

El gas de ventilación de polimerización (405) se puede comprimir y enfriar usando un medio de transferencia de calor no refrigerado en un segundo sistema de recuperación de gas de ventilación (49) para condensar al menos una parte de los hidrocarburos contenidos en el gas de ventilación. Después de la compresión y el enfriamiento, se pueden separar y recuperar un segundo gas ligero (419) y un segundo condensado (421). El segundo gas ligero (419) se puede enviar a un primer sistema de recuperación de gas de ventilación (46), similar al descrito anteriormente para la figura 1, para la separación y recuperación de hidrocarburo adicional. El segundo condensado (421) se puede combinar con un primer condensado (411) y enviar a un reactor de polimerización de etileno.

35

El segundo gas ligero (419) se puede enfriar por medio de intercambio de calor indirecto en el primer sistema de recuperación de gas de ventilación (46) con etileno expandido (409). El etileno expandido (409) puede venir de un etileno de alta presión (407) que se ha reducido hasta una presión inferior por medio de la expansión en un sistema de expansión de etileno (44). Después del enfriamiento en el primer sistema de recuperación de gas de ventilación (46), se puede separar el segundo gas ligero (419) en un primer condensado (411) y un primer gas ligero (413). Después del intercambio de calor indirecto con el gas de ventilación de polimerización, se puede recuperar el etileno expandido por medio de la línea de flujo (415). El etileno expandido en la línea de flujo (415) se puede comprimir para producir un etileno comprimido (417) en un sistema de recompresión de etileno (48).

40

45

50

Compresión y enfriamiento

55

En la figura 5 se ilustra un ejemplo del segundo sistema de recuperación de gas de ventilación (49) de la figura 4. La figura 5 ilustra un procedimiento para comprimir, enfriar y separar un gas de ventilación de polimerización (505) para producir un segundo gas ligero (519) y un segundo condensado (521).

El gas de ventilación de polimerización (505) se puede enfriar en un preenfriador (50) para condensar cualquier líquido. Cualquier líquido de succión condensado (507) se puede separar de un gas de succión (509) en un tambor de succión (52) antes de alimentar el gas de succión (509) a un compresor de gas de ventilación (54). El gas de ventilación comprimido (511) se puede enfriar en un postenfriador (56) para condensar cualquier líquido de descarga. Los líquidos de descarga se pueden separar en un segundo condensado (521) y un segundo gas ligero (519) en un tambor de descarga (58). Los líquidos de succión (507) y los líquidos de descarga (521) se pueden combinar, y se puede enviar una corriente conjunta a la polimerización. El segundo gas ligero (519) se puede enviar

60

65

a un primer sistema de recuperación de gas de ventilación.

Refrigeración mecánica

5 En algunos modos de realización, se puede usar refrigeración mecánica para enfriar el gas de ventilación de polimerización para condensar y retirar una fracción de hidrocarburo en el gas de ventilación de polimerización mayor que la que se puede lograr usando sólo compresión. La refrigeración mecánica se puede producir corriente arriba de la refrigeración de etileno por expansión y recompresión de etileno.

10 La refrigeración mecánica puede usar un sistema de refrigeración de compresión para proporcionar un refrigerante, tal como salmuera enfriada o mezcla de glicoles, al área de recuperación de ventilación. Las unidades de refrigeración mecánica (MRU) pueden lograr una temperatura de condensación de gas de ventilación de polimerización final de tan solo aproximadamente -10 a -20 °C, y por tanto pueden facilitar una recuperación de hidrocarburo mayor que la que se logra con un medio de enfriamiento no refrigerado, tal como agua o aire.

15 Ventajas de la refrigeración de etileno

Aunque la refrigeración mecánica a una temperatura de condensación final de tan solo -20 °C (-4 °F) puede mejorar la recuperación de hidrocarburo del gas de ventilación de polimerización, existe una necesidad en la técnica de una mejora adicional.

Un estudio ha demostrado que en el mercado actual de precios energéticos cada vez mayores, puede ser económicamente viable enfriar el gas de ventilación del proceso de polimerización a temperaturas aún menores de aproximadamente -40 a -60 °C (-40 a -76 °F), para incrementar adicionalmente la recuperación de hidrocarburos líquidos por medio de condensación.

Las MRU pueden suministrar potencialmente el refrigerante para la recuperación de gas de ventilación a dichas temperaturas frías; sin embargo, esto puede ser un coste prohibitivo para muchas empresas. Por ejemplo, se puede requerir un tipo de compresor caro, y los costes de consumo de energía necesarios para lograr un enfriamiento progresivo de aproximadamente -10 °C (14 °F) hasta -40 a -60 °C se puede incrementar por un factor de aproximadamente 2-3. La refrigeración mecánica también puede requerir el manejo de fluidos de transferencia de calor especiales como gas de compresión, tales como halo-fluorocarburos, y como medio de refrigeración, tal como salmuera o glicol. La introducción de nuevos productos químicos puede requerir una gran inversión en instalaciones e infraestructura para el manejo. Además, algunos de los fluidos de transferencia de calor especializados requeridos para la refrigeración mecánica, tales como halo-fluorocarburos, pueden ser peligrosos y tóxicos.

Una ventaja del uso de la expansión y recompresión de etileno para proporcionar refrigeración para la recuperación del gas de ventilación de polimerización de acuerdo con los modos de realización divulgados en el presente documento es el incremento en la recuperación de hidrocarburo, tal como monómero de etileno, que se puede reutilizar en el proceso de polimerización, y por tanto puede disminuir los costes de materia prima de etileno.

Otra ventaja del uso de expansión y recompresión de etileno para proporcionar refrigeración para la recuperación del gas de ventilación de polimerización es la reducción en las emisiones ambientales de la quema que resultan de la combustión de hidrocarburo residual no recuperado en el gas de ventilación de polimerización. Además de la reducción de la quema del hidrocarburo contenido en el gas de ventilación, se puede requerir menos gas auxiliar, tal como gas natural, para facilitar la combustión libre de humos del monómero de olefina en la quema.

Otra ventaja más del uso de expansión y recompresión de etileno para proporcionar refrigeración para la recuperación del gas de ventilación de polimerización es la capacidad para reutilizar el gas ligero residual que se forma después de la retirada de hidrocarburos más pesados del gas de ventilación de polimerización. El gas ligero residual que comprende gases inertes, tales como nitrógeno y argón, y otros gases ligeros tales como hidrógeno, etileno, y etano, se puede reciclar como medio de purga para un compartimento de purga de polímero, reduciendo de este modo el uso del medio de purga principal, tal como el nitrógeno de utilidad, y también reduciendo la quema ambiental.

Otra ventaja del uso de expansión y recompresión de etileno para proporcionar refrigeración para la recuperación del gas de ventilación de polimerización es que la fuente de etileno de alta presión ya está disponible en el sitio y por tanto puede requerir una inversión de capital mucho menor en comparación con la refrigeración mecánica. Además, puede que no se requiera ningún condensador de refrigerante, y el calor de compresión puede reducir la carga de vapor en cualquier calentador de etileno de alta presión corriente arriba del sistema de purificación de etileno.

Otra ventaja del uso de refrigeración de etileno es que se pueden usar en el sitio menos productos químicos, tales como fluidos de transferencia de calor, para facilitar la refrigeración del gas de ventilación de polimerización. En algunos modos de realización, se puede eliminar completamente la necesidad de productos químicos adicionales asociados con la refrigeración de gas de ventilación de polimerización.

- Otra ventaja más del uso de refrigeración de etileno para la recuperación de gas de ventilación de polimerización es la mejora en la eficacia de transferencia de calor de refrigeración. Por ejemplo, se puede lograr un incremento en la eficacia de transferencia de calor, ya que el refrigerante de etileno y el gas de ventilación de polimerización pueden tener una composición similar, y por tanto propiedades de transferencia de calor similares. Como resultado, se puede requerir un volumen de refrigerante menor para recuperar la misma cantidad de hidrocarburo del gas de ventilación de polimerización, reduciendo así el tamaño y el coste del equipo de procesamiento y la tubería y reduciendo los costes de la compresión de etileno.
- El volumen de refrigerante de etileno, y en consecuencia el tamaño del equipo y la tubería y los costes de compresión de etileno, se pueden reducir adicionalmente combinando la refrigeración de etileno con la compresión y enfriamiento del gas de ventilación de polimerización. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 4, inicialmente, el gas de ventilación de polimerización se puede comprimir y enfriar usando refrigeración mecánica o no criogénica en una etapa y a continuación se puede enfriar adicionalmente usando refrigeración de etileno en otra etapa. En primer lugar, la compresión inicial puede reducir el flujo volumétrico del gas de ventilación de polimerización, reduciendo también de este modo los costes de equipo del proceso y las tuberías. En segundo lugar, la condensación y recuperación de hidrocarburo usando enfriamiento mecánico o no criogénico puede reducir además el flujo volumétrico del gas de ventilación de polimerización y la cantidad progresiva de hidrocarburo que se va a recuperar en el sistema de recuperación de refrigeración de etileno corriente abajo.
- Otra ventaja del uso de expansión y recompresión de etileno en serie con un sistema de compresión y enfriamiento de gas de ventilación de polimerización existente es el potencial para reducir el coste de equipo capital combinando la nueva compresión de etileno con la compresión de recuperación de ventilación existente. Por ejemplo, se pueden añadir uno o más cilindros de recompresión de etileno al compresor de recuperación de ventilación existente, evitando así costes de base y de motor adicionales, entre otros.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la recuperación de hidrocarburos de un gas de ventilación de polimerización, comprendiendo el proceso:
- 5 (a) reducir una presión de una corriente de etileno desde una presión mayor de o igual a 3,4 MPa hasta una presión menor de o igual a 1,4 MPa para formar una corriente de etileno de presión reducida;
- 10 (b) enfriar un gas de ventilación que comprende un monómero por medio de intercambio de calor con la corriente de etileno de presión reducida para formar un primer condensado que comprende al menos una parte del monómero arrastrado en un primer gas ligero;
- (c) recuperar el primer condensado y el primer gas ligero;
- 15 (d) separar el primer condensado del primer gas ligero;
- (e) comprimir la corriente de etileno de presión reducida hasta una presión mayor de o igual a 2,4 MPa;
- 20 (f) pasar la corriente de etileno comprimido a un reactor de polimerización.
2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la presión de la corriente de etileno se reduce hasta 0,9 MPa o menos.
3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la presión de la corriente de etileno se reduce hasta 0,2 MPa o menos.
- 25 4. El proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además enfriar la corriente de etileno hasta una temperatura de 10 °C o menos antes de la etapa (a).
- 30 5. El proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además enfriar la corriente de etileno comprimido a una temperatura de 10 °C o menor.
6. El he proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además enfriar el gas de ventilación de polimerización por medio de intercambio de calor con la corriente de etileno de presión reducida que resulta de la etapa (b) y/o el primer gas ligero de la etapa (d).
- 35 7. El proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además pasar al menos una parte del primer gas ligero a un compartimento de purga de polímero.
- 40 8. El proceso de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además:
- comprimir un gas de ventilación de polimerización;
- 45 enfriar el gas de ventilación de polimerización comprimido para formar un segundo condensado arrastrado en un segundo gas ligero;
- recuperar una mezcla de dos fases que contiene el segundo gas ligero y el segundo condensado;
- 50 separar el segundo gas ligero y el segundo condensado;
- alimentar el segundo gas ligero como gas de ventilación para el enfriamiento de un gas de ventilación;
- recuperar el segundo condensado;
- 55 combinar el primero y segundo condensados; y
- alimentar el condensado combinado a un reactor de polimerización.
9. Un sistema para la recuperación de hidrocarburos de un gas de ventilación de polimerización, comprendiendo el sistema:
- 60 - un expansor de etileno;
- 65 - un primer sistema de recuperación de gas de ventilación en comunicación fluida con el expansor de etileno que comprende:

- un intercambiador de calor en comunicación fluida con una línea de gas de ventilación y el expansor de etileno y configurado para proporcionar intercambio de calor entre un gas de ventilación entrante y el etileno del expansor de etileno, donde el etileno entrante desde el expansor de etileno se condensa en un primer condensado que comprende monómeros de etileno en un primer gas ligero;
- 5 un separador en comunicación fluida con el intercambiador de calor que tiene una entrada configurada para recibir el primer condensado, y configurada para separar el primer condensado del primer gas ligero; y
- 10 un compresor en comunicación fluida con el separador que tiene una entrada configurada para recibir el primer gas ligero del separador.
10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además un refrigerador en comunicación fluida con el compresor y configurado para enfriar el etileno comprimido hasta una temperatura de 10 °C o menor.
- 15 11. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en el que el primer sistema de recuperación de gas de ventilación comprende además uno o más intercambiadores de calor configurados para enfriar un gas de ventilación de polimerización por medio de intercambio de calor con el etileno de presión reducida y/o el primer gas ligero.
- 20 12. El sistema de acuerdo con una cualquiera de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que el expansor de etileno comprende una turbina de expansor y a precompresor, en el que la turbina de expansor está conectada por un eje de accionamiento al precompresor para proporcionar una compresión adicional del etileno de presión reducida.
- 25 13. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que el compresor es un compresor alternativo.









