

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 464 792**

51 Int. Cl.:

F25J 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2003 E 03715153 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2014 EP 1504229**

54 Título: **Procedimiento para vaporizar gas natural licuado y de recuperación de líquidos de gas natural**

30 Prioridad:

13.05.2002 US 379687 P
24.07.2002 US 202568

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.06.2014

73 Titular/es:

BLACK & VEATH PRITCHARD, INC. (100.0%)
11401 LAMAR AVENUE
OVERLAND PARK, KS 66211-1508, US

72 Inventor/es:

MCCARTNEY, DANIEL G.

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 464 792 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para vaporizar gas natural licuado y de recuperación de líquidos de gas natural

5 **[0001]** Esta invención se refiere a un proceso para separar líquidos de gas natural de gas natural licuado (GNL) y que utiliza la baja temperatura de GNL para producir energía. El proceso también vaporiza el GNL para producir gas natural que satisface especificaciones de gasoducto.

Antecedentes de la invención

10 **[0002]** Es bien conocido que el GNL en muchos casos cuando se vaporiza no cumple las especificaciones de gasoducto o otras especificaciones comerciales. El gas natural resultante puede tener un valor inaceptablemente alto de calentamiento, que puede requerir la dilución del gas natural con materiales tales como el nitrógeno. La separación de nitrógeno del aire para producir este diluyente añade un gasto al gas natural. Como alternativa, los
15 líquidos de gas natural pueden ser retirados del GNL para producir gas natural que tiene un valor de calentamiento dentro de las especificaciones para gasoducto. Los líquidos de gas natural (LGN) comprenden típicamente hidrocarburos que contienen dos o más átomos de carbono. Estos materiales son etano, propano, butanos y, en algunos casos, posiblemente pequeñas cantidades de pentanos o hidrocarburos superiores. Estos materiales se denominan generalmente en este documento como materiales C₂₊. Estos materiales no sólo agregan valor térmico
20 al gas natural, lo que puede aumentar su poder calorífico más allá de los límites de especificación, sino que también tienen un mayor valor por derecho propio como materiales por separado valorizables. Es deseable en muchos casos separar estos materiales del gas natural, antes de la vaporización para el suministro a un gasoducto o para otro uso comercial.

25 **[0003]** En muchos casos en el pasado, el GNL se ha vaporizado simplemente quemando una parte del GNL vaporizado para producir el calor para vaporizar el resto del GNL y producir el gas natural. También se han usado otros sistemas de intercambio de calor.

30 **[0004]** Estos sistemas requieren el consumo sustancial de energía que puede ser producido tal como se indica por el consumo de una parte del producto para la vaporización, para la destilación, para la producción de nitrógeno para su uso como un diluyente y similares.

35 **[0005]** Por consiguiente, se ha dirigido un esfuerzo considerable al desarrollo de procesos más eficientes para llevar a cabo este objetivo.

[0006] US 3,420,068 describe un proceso para la producción de un líquido o un gas rico en metano a partir de gas natural licuado a una presión baja en el que el GNL se somete a una primera revaporización parcial que proporciona una primera fracción gaseosa enriquecida en metano, y una fracción líquida residual que se somete a una segunda vaporización parcial en virtud de una presión más alta, que proporciona una segunda fracción gaseosa enriquecida
40 en metano. La primera fracción gaseosa se vuelve a licuar mediante intercambio de calor con el gas natural licuado sometido a un calentamiento, y la segunda fracción gaseosa en intercambio de calor con el gas natural licuado sometido a la primera vaporización parcial.

45 **[0007]** US 5,114,451 describe un proceso para la recuperación de etano, etileno, propano, propileno e hidrocarburos más pesados de una corriente de gas natural licuado. Al menos una porción de la corriente de alimentación de GNL se dirige en relación de intercambio de calor con una porción de reciclado comprimida de la torre de fraccionamiento de arriba, con la corriente de GNL a partir de entonces calentada siendo suministrada a la torre de fraccionamiento en una posición de alimentación a mitad de la columna. La corriente de reciclado se enfría mediante la corriente de GNL suficientemente para condensarla sustancialmente, y la corriente de reciclado se sustancialmente condensada
50 se suministra entonces a la columna en una posición de alimentación de la columna superior para servir como reflujo para la torre. La presión de la corriente de reciclado y las cantidades y las temperaturas de las alimentaciones a la columna son eficaces para mantener la temperatura de cabeza de la columna a una temperatura por lo que la porción principal de dichos componentes deseados se recupera en el producto líquido del fondo de la columna.

55 Resumen de la invención

[0008] La presente invención es tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

60 **[0009]** Según la presente invención, se ha encontrado que el GNL se vaporiza fácilmente y los líquidos de gas natural se retiran del mismo mediante un procedimiento que comprende:

vaporizar al menos una mayor parte de una corriente del gas natural licuado para producir una corriente de gas natural vaporizado al menos en parte;
fraccionar la corriente de gas natural vaporizado al menos en parte para producir una corriente de gas y una
65 corriente de líquidos de gas natural;

ES 2 464 792 T3

- comprimir la corriente de gas para aumentar la presión de la corriente de gas de 345 a 1035 kPa (50 a 150 psi) para producir una corriente de gas comprimido y enfriar la corriente de gas comprimido mediante intercambio de calor con la corriente de gas natural licuado para producir una corriente líquida de gas comprimido;
- 5 bombear la corriente líquida de gas comprimido para producir una corriente líquida a alta presión a una presión entre 5620 y 8375 kPa (800 y 1200 psig); vaporizar la corriente líquida a alta presión para producir un gas natural acondicionado adecuado para suministrarlo a un gasoducto o para uso comercial; y recuperar los líquidos de gas natural.
- 10 **[0010]** Se ha encontrado además que el GNL puede ser vaporizado, los líquidos de gas natural pueden ser recuperados y bastante energía se puede recuperar de la vaporización y el proceso de separación por vaporización de al menos una mayor parte de una corriente del gas natural licuado para producir una corriente de gas natural vaporizado al menos en parte;
- 15 fraccionar la corriente de gas natural vaporizado al menos en parte para producir una corriente de gas y una corriente de líquidos de gas natural;
- comprimir la corriente de gas para aumentar la presión de la corriente de gas de 345 a 1035 kPa (50 a 150 psi) para producir una corriente de gas comprimido y enfriar la corriente de gas comprimido mediante intercambio de calor con la corriente de gas natural licuado para producir una corriente líquida de gas comprimido;
- 20 bombear la corriente líquida de gas comprimido para producir una corriente líquida a alta presión a una presión entre 5620 y 8375 kPa (800 y 1200 psig); vaporizar la corriente líquida a alta presión para producir un gas natural acondicionado adecuado para suministrarlo a un gasoducto o para uso comercial;
- 25 recuperar los líquidos de gas natural; pasar al menos uno de entre una primera parte y una segunda parte de un fluido gaseoso de intercambio de calor en contacto de intercambio de calor con al menos una de entre la corriente de gas natural licuado y la corriente líquida a alta presión para producir un fluido líquido de intercambio de calor; bombear el fluido líquido de intercambio de calor para producir un fluido líquido de intercambio de calor a alta presión;
- calentar el fluido líquido de intercambio de calor a alta presión para vaporizar el fluido líquido de intercambio de calor a alta presión para producir un fluido gaseoso de intercambio de calor a alta presión;
- 30 llevar un expansor y generador de energía eléctrica con el fluido gaseoso de intercambio de calor a alta presión para producir energía eléctrica y el fluido gaseoso de intercambio de calor; y, reciclar el fluido gaseoso de intercambio de calor intercambiando calor con la al menos uno de entre las corrientes de gas natural licuado y la corriente líquida a alta presión.
- 35 **[0011]** También se ha encontrado que el GNL puede ser vaporizado con la recuperación de los líquidos de gas natural y acondicionado para suministrarlo a un gasoducto o para uso comercial mediante un proceso que comprende:
- vaporizar al menos una mayor parte de una corriente del gas natural licuado para producir una corriente de gas natural vaporizado al menos en parte;
- 40 separar la corriente de gas natural vaporizado al menos en parte en una corriente de gas y una corriente líquida; comprimir la corriente de gas para aumentar la presión de la corriente de gas de 345 a 1035 kPa (50 a 150 psi) para producir una corriente de gas comprimido;
- 45 fraccionar la corriente líquida a una presión mayor que la presión de la corriente de gas comprimido para producir una corriente de gas de cabeza y una corriente de líquidos de gas natural; recuperar al menos una parte de la corriente de líquidos de gas natural;
- combinar la corriente de gas de cabeza con la corriente de gas comprimido para producir una corriente de gas combinada;
- 50 enfriar la corriente de gas combinada mediante intercambio de calor con la corriente de gas natural licuado para producir una corriente líquida; bombear la corriente líquida para producir una corriente líquida a alta presión a una presión entre 5620 y 8375 kPa (800 y 1200 psig); y, vaporizar la corriente líquida a alta presión para producir una corriente de gas natural acondicionado adecuada para suministrarla a un gasoducto o para uso comercial.
- 55 **[0012]** También se ha encontrado que el gas natural puede ser vaporizado, los líquidos de gas natural recuperados y el gas natural que resulta de la vaporización del GNL acondicionado para suministrarlo a un gasoducto o para uso comercial con la generación simultánea de energía eléctrica vaporizando al menos una mayor parte de una corriente del gas natural licuado para producir una corriente de gas natural vaporizado al menos en parte;
- 60 separar la corriente de gas natural vaporizado al menos en parte en una corriente de gas y una corriente líquida; comprimir la corriente de gas para aumentar la presión de la corriente de gas de 345 a 1035 kPa (50 a 150 psi) para producir una corriente de gas comprimido;
- fraccionar la corriente líquida a una presión mayor que la presión de la corriente de gas comprimido para producir una corriente de gas de cabeza y una corriente de líquidos de gas natural;
- 65 recuperar la corriente de líquidos de gas natural;

combinar la corriente de gas de cabeza con la corriente de gas comprimido para producir una corriente de gas combinada;
 enfriar la corriente de gas combinada mediante intercambio de calor con la corriente de gas natural licuado para producir una corriente líquida;
 5 bombear la corriente líquida para producir una corriente líquida a alta presión a una presión entre 5620 y 8375 kPa (800 y 1200 psig);
 vaporizar la corriente líquida de alta presión para producir una corriente de gas natural acondicionado;
 pasar al menos uno de entre una primera parte y una segunda parte de un fluido gaseoso de intercambio de calor en contacto de intercambio de calor con al menos uno de entre las corrientes de gas natural licuado y la corriente
 10 líquida a alta presión para enfriar el fluido gaseoso de intercambio de calor para producir un fluido líquido de intercambio de calor;
 calentar el fluido líquido de intercambio de calor a alta presión a una temperatura para vaporizar el fluido líquido de intercambio de calor a alta presión para producir un fluido gaseoso de intercambio de calor a alta presión;
 llevar un expansor y generador de energía eléctrica con el fluido gaseoso de intercambio de calor a alta presión para
 15 producir energía eléctrica y el fluido gaseoso de intercambio de calor; y,
 reciclar el fluido gaseoso de intercambio de calor intercambiando calor con la al menos una de entre la corriente de gas natural licuado y la corriente líquida a alta presión.

[0013] Además, la presente invención comprende: una línea de entrada de gas natural licuado en comunicación de fluido con una fuente de gas natural licuado y un primer intercambiador de calor;
 una columna de destilación en comunicación de fluido con el primer intercambiador de calor y que tiene una salida de vapor gaseoso y una salida de líquidos de gas natural;
 un compresor en comunicación de fluido con la salida de vapor gaseoso y una salida de gas comprimido;
 una línea en comunicación de fluido con la salida de gas comprimido y el primer intercambiador de calor; y
 20 una bomba en comunicación de fluido con el primer intercambiador de calor y un segundo intercambiador de calor.

[0014] La invención también comprende:

una línea de entrada de gas natural licuado en comunicación de fluido con una fuente de gas natural licuado y un
 30 primer intercambiador de calor que tiene una salida de gas natural licuado calentado;
 una cuba de separación en comunicación de fluido con el primer intercambiador de calor y que tiene una salida de gas de separador y una salida de líquidos de separador;
 una bomba en comunicación de fluido con la salida de líquidos de separador y que tiene una salida de líquido a alta presión;
 35 una columna de destilación en comunicación de fluido con la salida de líquido de alta presión de la bomba y que tiene una salida de gas de cabeza y una salida de líquidos de gas natural;
 un compresor en comunicación de fluido con la salida de gas de separador y una salida de gas comprimido;
 una línea en comunicación de fluido con la salida de gas comprimido y la salida de gas de cabeza para combinar el gas comprimido y el gas de cabeza para producir una corriente de gas combinada y para pasar la corriente de gas
 40 combinada al primer intercambiador de calor para producir una corriente líquida de gas combinada a mayor presión;
 Y,
 una bomba en comunicación de fluido con el primer intercambiador de calor y un segundo intercambiador de calor, estando el segundo intercambiador de calor adaptado para vaporizar al menos parcialmente la corriente líquida de gas combinada a mayor presión.

[0015] La invención comprende además opcionalmente el uso de un sistema de intercambio de calor en circuito cerrado en intercambio de calor con al menos uno de entre una corriente cargada de GNL en el proceso y un GNL acondicionado producto del proceso.

50 Breve descripción de los dibujos

[0016] La figura 1 describe un procedimiento del estado de la técnica para vaporizar gas natural licuado;
 La figura 2 da a conocer una forma de realización de la presente invención;
 La figura 3 da a conocer un sistema de generación de energía de bucle cerrado para uso en conexión con ciertas
 55 realizaciones de la presente invención;
 La figura 4 da a conocer una forma de realización del proceso tal como se muestra en la figura 1 que incluye el sistema de generación de energía de ciclo cerrado que se muestra en la figura 3;
 La figura 5 muestra una alternativa de realización de la presente invención; y,
 La figura 6 da a conocer una forma de realización del proceso tal como se muestra en la figura 5, que incluye un
 60 sistema de generación de energía de ciclo cerrado.

Descripción de las realizaciones preferidas

[0017] En la descripción de las figuras, los mismos números se utilizan en todo el documento para referirse a los mismos componentes o similares. Además no se muestran todos los intercambiadores de calor, válvulas y similares

necesarios para la realización del proceso ya que se considera que estos componentes son conocidos por los expertos en la materia.

5 **[0018]** En la figura 1 se muestra un sistema del estado de la técnica para la vaporización de GNL. Típicamente, los procesos para la vaporización de GNL se basan en un sistema en el que el GNL se entrega, por ejemplo por un buque de alta mar, que se muestra en 12, a través de una línea 14 a un depósito 10. El depósito 10 es un depósito criogénico ya conocido por los expertos en la materia para el almacenamiento de GNL. El GNL podría ser proporcionado por un proceso situado adyacente al depósito 10, por gasoducto o cualquier otro medio adecuado al depósito 10. El GNL suministrado está sujeto inevitablemente a una cierta pérdida de vapor de gas, tal como se muestra en la línea 94. Este gas de salida típicamente se vuelve a comprimir en un compresor 96 accionado por una fuente de energía, que se muestra como un motor 98. La fuente de alimentación puede ser una turbina de gas, un motor de gas, un motor, una turbina de vapor, un motor eléctrico o similar. Tal como se muestra el gas comprimido se pasa a un condensador de vaporización de gas 102 donde se condensa, tal como se muestra, haciendo pasar una cantidad de GNL a través de una línea 106 al condensador de vaporización 102 donde el gas de evaporación, que se encuentra ahora con una presión aumentada, se combina con la corriente de GNL para producir una corriente de GNL totalmente líquida recuperada a través de una línea 104.

20 **[0019]** Como se muestra, se utiliza una bomba dispuesta en el depósito 18 para bombear el GNL desde el depósito 10, que está típicamente a una temperatura desde aproximadamente -159 hasta aproximadamente -165°C (desde aproximadamente -255 hasta aproximadamente -265°F), y una presión de aproximadamente 14-34 kPag (desde aproximadamente 2-5 psig), a través de una línea 16 a una bomba 22. La bomba 18 típicamente bombea el GNL a través de la línea 16 a una presión entre aproximadamente 345 hasta aproximadamente 1035 kPag (desde aproximadamente 50 hasta aproximadamente 150 psig) a sustancialmente la temperatura a la que el GNL se almacena en el depósito 10. La bomba 22 típicamente descarga el GNL en una línea 24 a una presión adecuada para suministrarlo a un gasoducto. Estas presiones van típicamente desde aproximadamente 5620 hasta aproximadamente 8375 kPa (desde aproximadamente 800 hasta aproximadamente 1200 psig), aunque estas especificaciones pueden variar de uno a otro gasoducto. La corriente de GNL en la línea 24 se hace pasar a uno o más intercambiadores de calor, mostrados como intercambiadores de calor 26 y 30, para vaporización.

30 **[0020]** Tal como se muestra, se utilizan los intercambiadores de calor 26 y 30 para vaporizar el GNL con una línea 28 que proporciona comunicación de fluido entre estos intercambiadores de calor. El gas natural vaporizado se hace pasar a través de una línea 32 para suministrarlo a un gasoducto o para otro uso comercial. Típicamente el gas se suministra a una presión de aproximadamente 5620 hasta aproximadamente 8375 kPa (desde aproximadamente 800 y 1200 psig) o tal como lo requieran las especificaciones aplicables al gasoducto u otras especificaciones comerciales. Típicamente la temperatura requerida va de aproximadamente -1 hasta aproximadamente 10°C (desde aproximadamente 30 hasta aproximadamente 50°F); aunque esto también puede variar.

35 **[0021]** Los intercambiadores de calor 26 y 30 pueden ser de cualquier tipo adecuado. Por ejemplo, el agua o el aire pueden ser usados como un medio de intercambio de calor o uno o ambos de estos intercambiadores de calor pueden ser unidades disparadas o similares. Estas variaciones son bien conocidas por los expertos en la materia.

40 **[0022]** Como se puede observar, si es necesario utilizar un intercambiador de calor por calentamiento, una parte de algo de combustible debe ser utilizada para calentar el intercambiador de calor. También se observará que no hay oportunidad en el proceso de vaporización convencional para ajustar el valor de calentamiento del gas natural producido por la vaporización del GNL. En otras palabras, si el GNL contiene líquidos de gas natural que se presentan con frecuencia en gas natural en cantidades desde al menos 3 a aproximadamente 18 por ciento en peso, entonces esto puede causar que el gas natural tenga valores de calefacción más altos que los admisibles en las especificaciones aplicables a gasoductos u otros y como resultado de ello puede ser necesario que el gas natural se diluya con un gas inerte de algún tipo. Como se señaló anteriormente, el nitrógeno se utiliza con frecuencia para este propósito, pero requiere que el nitrógeno se separe de los otros componentes del aire con los que se mezcla normalmente.

45 **[0023]** En la figura 2, se muestra una realización de la presente invención. En esta forma de realización, el GNL se bombea típicamente a una presión entre aproximadamente 345 hasta aproximadamente 1035 kPag (desde aproximadamente 50 hasta aproximadamente 150 psig) por la bomba 18 con la presión siendo aumentada desde aproximadamente 1380 kPag hasta aproximadamente 3445 kPag (desde aproximadamente 200 psig hasta aproximadamente 500 psig) por una bomba 37 y pasado a un primer intercambiador de calor 34. El uso de la bomba 37 es opcional si se dispone de suficiente presión de la bomba 18. Una línea 16 transporta el GNL procedente de la bomba 18 a un recipiente de destilación 38. Un intercambiador de calor 34 y un segundo intercambiador de calor 36 se sitúan en la línea 16 y una bomba 37 también puede estar situada en la línea 16, por delante de los intercambiadores de calor, si es necesario, para aumentar la presión de la corriente de GNL. Los intercambiadores de calor 34 y 36 pueden combinarse en un solo intercambiador de calor, si se desea. En la torre de destilación 38, un evaporador 40 comprende un intercambiador de calor 44 y una línea 42 que forma un bucle cerrado de nuevo a la torre de destilación se utiliza para facilitar las operaciones de destilación. Los líquidos de gas natural que comprenden hidrocarburos C2 + se recuperan a través de una línea 46. Los líquidos de gas natural pueden contener hidrocarburos ligeros, tales como etano (C₂), propano (C₃), butanos (C₄), pentanos (C₅) y, posiblemente, pequeñas

cantidades de hidrocarburos ligeros más pesados. En algunos casos, puede ser deseable recuperar estos hidrocarburos ligeros tales como todos los hidrocarburos ligeros más pesados que el metano (C₂+) o más pesados que el etano (C₃+) o similares. La presente invención se discute en el presente documento con referencia a la recuperación de etano e hidrocarburos más pesados (C₂+), aunque se debe reconocer que otras fracciones se podrían seleccionar para la recuperación si se desea.

[0024] La temperatura de recuperación de LGN puede variar ampliamente, pero va típicamente desde aproximadamente -32 hasta aproximadamente 4°C (desde aproximadamente -25 hasta aproximadamente 40°F). La presión es sustancialmente la misma que en el recipiente de destilación 38.

[0025] El recipiente de destilación 38 opera típicamente a una presión de aproximadamente 520 hasta aproximadamente 1550 kPag (desde aproximadamente 75 hasta aproximadamente 225 psig). En la parte superior del recipiente, la temperatura va típicamente desde aproximadamente -68 hasta aproximadamente -101°C (desde aproximadamente -90 hasta aproximadamente -150°F) y una corriente de gas que comprende principalmente metano se recupera y se pasa a un compresor 50 que es accionado por un motor 52 de cualquier tipo adecuado para producir un aumento de presión en la corriente recuperada a través de la línea 48 de aproximadamente 345 hasta aproximadamente 1035 kPa (desde aproximadamente 50 hasta aproximadamente 150 psi). Entonces esta corriente se hace pasar a través de una línea 54 a través de intercambiador de calor 34 donde se enfría a una temperatura desde aproximadamente -107 hasta aproximadamente -143°C (desde aproximadamente -160 hasta aproximadamente -225°F) a una presión entre aproximadamente 520 hasta aproximadamente 2070 kPag (desde aproximadamente 75 hasta aproximadamente 300 psig). En estas condiciones, esta corriente es líquida. Esta corriente de líquido se bombea entonces inmediatamente por la bomba 22 a una presión adecuada para suministrarla a un gasoducto (típicamente de aproximadamente 5620 hasta aproximadamente 8375 kPa (desde aproximadamente 800 hasta aproximadamente 1200 psig)) y se descarga como una corriente líquida a través de la línea 24. Entonces se vaporiza esta corriente haciéndola pasar a través de intercambiadores de calor 26 y 30 que están conectados por una línea 28 para producir un gas natural acondicionado en la línea 32 que es desde aproximadamente 5620 hasta aproximadamente 8375 kPa (desde aproximadamente 800 hasta aproximadamente 1200 psig) y a temperatura de desde aproximadamente -1 hasta aproximadamente 10°C (desde aproximadamente 30 hasta aproximadamente 50°F).

[0026] Mediante este proceso, el gas natural separado en la torre de destilación 38 se vuelve a licuar mediante el uso del compresor 50 y el intercambiador de calor 34 de modo que el gas recuperado del que se han eliminado líquidos de gas natural se bombea fácilmente por una bomba para líquidos a una presión adecuada para descargarlo a un gasoducto o para otro uso comercial que requiera una presión similar. Es evidente que el proceso se puede utilizar para producir el producto de gas natural a sustancialmente cualquier temperatura y presión deseada. El proceso logra una considerable eficiencia por la capacidad de utilizar una bomba para presurizar el gas natural licuado del cual los líquidos de gas natural se han eliminado como un líquido en lugar de exigir la compresión de una corriente de gas.

[0027] En la figura 3, se muestra un sistema de bucle cerrado. Este sistema se utiliza con al menos uno de los intercambiadores de calor 26 y 36 tal como se muestra en la figura 2. Un medio de intercambio de calor gaseoso, que puede ser un gas de hidrocarburos ligeros, tales como etano o gases de hidrocarburos ligeros mixtos, se pasa a una temperatura desde aproximadamente -73 hasta aproximadamente -57°C (desde aproximadamente -100 hasta aproximadamente -70°F) y una presión entre aproximadamente 170 hasta aproximadamente 520 kPag (desde aproximadamente 25 hasta aproximadamente 75 psig) a través de una línea 78 a las líneas 58 y 62 y luego a los intercambiadores de calor 36 y 26 respectivamente, en estos intercambiadores de calor que se usan ambos para calentar las corrientes de hidrocarburos ligeros líquidos o semi-líquidos, la corriente gaseosa cargada a través de la línea 78 se convierte en un líquido y se recupera a través de las líneas 60 y 64 a una temperatura desde aproximadamente -57 hasta aproximadamente -73°C (desde aproximadamente -70 hasta aproximadamente -100°F) y a una presión de aproximadamente 170 hasta aproximadamente 520 kPag (desde aproximadamente 25 hasta aproximadamente 75 psig).

[0028] En esencia, el intercambio de calor en los intercambiadores de calor 26 y 36 ha calentado las corrientes que pasan a través de los intercambiadores de calor 26 y 36 en la cantidad de calor latente requerida para condensar la corriente gaseosa que pasa a través de la línea 78. Esta corriente recuperada de las líneas 60 y 64 pasa entonces a la bomba 66 donde es bombeada a una presión entre aproximadamente 1825 hasta aproximadamente 2860 kPa (desde aproximadamente 250 hasta aproximadamente 400 psig) para producir una corriente líquida que se pasa a un intercambiador de calor 70 donde se calienta a una temperatura desde aproximadamente -18 hasta aproximadamente 10°C (desde aproximadamente 0 hasta aproximadamente 50°F) y se vaporiza a una presión entre aproximadamente 1825 hasta aproximadamente 2860 kPa (desde aproximadamente 250 hasta aproximadamente 400 psig). Al intercambiador de calor 70 se le puede suministrar calor mediante aire, agua un vaporizador calentado o similares. La corriente gaseosa recuperada del intercambiador de calor 70 a través de una línea 72 se pasa entonces a un turbo-expansor 74, que acciona un generador eléctrico 76. La corriente descargada desde el turbo-expansor 74 en la línea 78 se encuentra en las condiciones de temperatura y presión descritas anteriormente. Como alternativa, el medio de intercambio de calor se puede hacer pasar por uno de los intercambiadores de calor 26 o 36 mediante el uso de las válvulas 59 y 61 en las líneas 58 y 62, respectivamente, tal como se muestra en la figura 4.

[0029] Mediante el uso de este sistema de intercambio de calor en bucle cerrado, se genera energía eléctrica sustancial mediante el generador 76. La energía generada se aproxima a la totalidad de los requisitos de energía para la operación del proceso.

[0030] En la figura 4, el proceso de bucle cerrado es tal como se muestra en la figura 3, pero se muestra en combinación con las etapas de proceso que se muestran en la figura 2. Las condiciones de temperatura y de presión mostradas anteriormente son aplicables a la figura 4, tanto para el sistema de circuito cerrado como para las demás etapas del proceso. Mediante el uso del proceso que se muestra en la figura 2, se logra la eficiencia considerable en el acondicionamiento de LNG para el suministro a gasoductos o cualquier otro uso comercial. Específicamente los componentes LGN se eliminan fácilmente y mediante el uso de la etapa de compresión con la corriente de gas de cabeza del recipiente de destilación 38, los gases más ligeros recuperados después de la eliminación de los líquidos de gas natural se licuan fácilmente y se bombean a una presión deseada mediante el uso de una bomba en lugar de por la compresión de una corriente gaseosa a las presiones elevadas requeridas en los gasoductos. La capacidad para presurizar esta corriente como líquido en lugar de como un gas se consigue principalmente mediante el uso del compresor en la corriente de gas de cabeza del recipiente de destilación en combinación con el reciclado de esta corriente de licuación por intercambio de calor con el gas natural licuado que pasa por la columna de destilación 38.

[0031] En la variante del proceso mostrada en la figura 4, se consiguen todas estas ventajas y, además, se muestra el uso del sistema de generación de energía/ intercambio de calor de bucle cerrado para demostrar el uso del sistema de bucle cerrado para generar energía mediante el uso de la energía de la corriente de GNL. Este proceso resulta en una mayor eficiencia que el proceso que se muestra en la figura 2 ya que resulta en la producción de energía eléctrica, que puede ser utilizada para la operación del proceso. Aunque no se produzca energía suficiente para operar el proceso, da lugar a la reducción en gran medida de la demanda de potencia de fuentes externas.

[0032] En la figura 5, se muestra una variación de la presente invención. En esta forma de realización, el GNL se pasa a un intercambiador de calor 34 (un segundo intercambiador de calor 36 tal como se muestra en la figura 6 también podría ser utilizado) del que se descarga a una temperatura de aproximadamente -101 hasta aproximadamente -123°C (aproximadamente -150 hasta aproximadamente -190°F) y se pasa a un recipiente de separación 86 a través de una línea 84. El gas de cabeza del recipiente de separación 86 se hace pasar a través de una línea 94 a compresión en un compresor 50 en el que la presión se aumenta desde 345 a 1035 kPa (aproximadamente 50 a 150 psi). La presión en la línea 54 tras la compresión en el compresor 50 va típicamente desde aproximadamente 690 hasta aproximadamente 2070 kPag (desde aproximadamente 100 hasta aproximadamente 300 psig). Esto permite el retorno del gas desde el depósito 86 a través de la línea 54 al intercambiador de calor 34 para la licuefacción. Los líquidos recuperados del separador 86 se pasan a través de una línea 88 a una bomba 90 desde la que se pasan a través de una línea 92 al recipiente de destilación 38. El recipiente de destilación 38 funciona tal como se ha descrito previamente para líquidos de gas natural separados, que se recuperan a través de una línea 46, y para producir una corriente de gas de cabeza, que comprende principalmente metano. Esta corriente gaseosa se recupera a través de una línea 48 y se hace pasar en combinación con la corriente de gas en la línea 54. Entonces las corrientes combinadas se licuan en el intercambiador de calor 34 y se hacen pasar de una temperatura de aproximadamente -107 hasta aproximadamente -143°C (desde aproximadamente -160 hasta aproximadamente -225°F) desde aproximadamente 520 hasta aproximadamente 2070 kPag (desde aproximadamente 75 hasta aproximadamente 300 psig) a la bomba 22. La bomba 22 descarga una corriente líquida a una presión adecuada para descargarla a un gasoducto o para otro uso comercial a través de una línea 24 con la corriente líquida siendo vaporizada en el intercambiador de calor 26.

[0033] Como se expuso anteriormente, el intercambiador de calor 26 puede ser un intercambiador de calor calentado o puede ser alimentado con aire, agua o cualquier otro material de intercambio de calor adecuado para vaporizar la corriente de gas natural licuado. La corriente vaporizada se descarga entonces a través de una línea 32 en condiciones adecuadas para suministrarlo a un gasoducto o para otro uso comercial.

[0034] En la figura 6, se muestra una variante del proceso de la figura 5 que comprende un sistema de bucle cerrado tal como se ha descrito anteriormente en relación con la figura 3. Este sistema de bucle cerrado se utiliza en conjunción con al menos uno de entre intercambiadores de calor 26 y 36. En esta forma de realización, se utilizan dos intercambiadores de calor, es decir, los intercambiadores de calor 26 y 36, para vaporizar la corriente líquida en la línea 56. El gas natural acondicionado se sigue produciendo en condiciones de gasoducto pero se produce energía mediante un generador 76 para ayudar a suministrar los requisitos de energía del proceso. Tal como se ha indicado más arriba, el sistema en circuito cerrado se puede utilizar con alguno o se puede usar con uno o con ambos intercambiadores de calor 26 y 36 mediante el uso de válvulas 59 y 61, en las líneas 58 y 62, respectivamente.

[0035] Tal como se ha descrito anteriormente, el proceso es más eficiente que los procesos del estado de la técnica porque permite la compresión del gas natural después de la separación de los líquidos de gas natural a una presión adecuada para la descarga a un gasoducto o similar, como un líquido mejor que como una gaseosa fase. Además, el uso del sistema de recuperación de energía de ciclo cerrado da lugar a la recuperación de valores de potencia sustanciales a partir de la energía contenida en la corriente de GNL.

5 [0036] La descripción anterior del equipo y el proceso se considera que es suficiente para permitir a los expertos en la materia poner en práctica el proceso. Muchas de las funciones de varias de las unidades no se han discutido en detalle ya que las unidades de este tipo son bien conocidas por los expertos en la materia. La combinación de características en la presente invención resulta en mejoras sustanciales en la eficacia del proceso, tanto por razón de la compresión de la corriente de gas separada del recipiente de destilación y por razón de la recuperación de potencia mediante el uso del sistema de bucle cerrado.

10 [0037] Se observa especialmente en la figura 2, que la bomba 37 es opcional y en muchos casos puede no ser necesaria en absoluto. Específicamente, si la presión en la línea 16 es suficientemente alta, no habrá necesidad de una bomba 37.

15 [0038] El recipiente de destilación 38 es de cualquier tipo adecuado eficaz para lograr la separación de los componentes de diferentes puntos de ebullición. La torre puede ser una columna con relleno, puede utilizar casquetes de burbujeo u otros dispositivos de contacto gas / líquido y similares. La columna es deseablemente de una capacidad de separación suficiente para dar lugar a la separación de los líquidos del gas natural con una eficiencia de separación deseada. Además, muchas de las temperaturas y presiones descritas en este documento están relacionadas con el uso del recipiente de destilación 38 para separar líquidos de gas natural C₂₊. En algunos casos, puede ser deseable separar líquidos de gas natural C₃₊ y en algunos casos incluso líquidos de gas natural C₄₊. Si bien se considera más probable que se separen líquidos de gas natural C₂₊, el proceso es suficientemente flexible para permitir variaciones en los líquidos de gas natural específicos, que hay que separar. La separación de los diferentes cortes de LGN podría afectar a las temperaturas citadas anteriormente aunque se cree que, en general, las condiciones de temperatura y presión indicadas anteriormente serán eficaces con sustancialmente cualquier separación deseada de líquidos de gas natural.

25 [0039] También se observa que los líquidos de gas natural pueden variar sustancialmente en diferentes corrientes de gas natural licuado. Por ejemplo, las corrientes recuperadas de algunas partes del mundo tienen típicamente aproximadamente de 3 a 9 por ciento en peso de LGN contenidas en estas. las corrientes de GNL de otras partes del mundo, pueden contener por lo general un valor tan alto como de 15 a 18 por ciento en peso de LGN. Esta es una diferencia significativa y puede afectar radicalmente el valor de calentamiento del gas natural. Como resultado de ello, es necesario, tal como se discutió anteriormente, en muchos casos ya sea diluir el gas natural con un material inerte o eliminar líquidos de gas natural del GNL. Además, como también se ha indicado anteriormente, la eliminación de los LGN da como resultado la producción de un producto valioso ya que estos materiales frecuentemente son de mayor valor como líquidos de gas natural que como una parte de la corriente de gas natural.

30 [0040] Habiendo descrito así la invención por referencia a algunas de sus realizaciones preferidas, se señala respetuosamente que las realizaciones descritas son de naturaleza ilustrativas antes que limitantes y que muchas variaciones y modificaciones son posibles dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Procedimiento para vaporizar un gas natural licuado, recuperar líquidos de gas natural del gas natural licuado, y acondicionar el gas natural licuado para suministrarlo a un gasoducto o para uso comercial, comprendiendo el procedimiento:
- a) vaporizar al menos una mayor parte de una corriente del gas natural licuado (16) para producir una corriente de gas natural vaporizado al menos en parte (16, 84);
- 10 b) fraccionar o separar al menos una parte de la corriente de gas natural vaporizado al menos en parte (16, 84) para producir una corriente de gas (48, 94) y una corriente de líquidos de gas natural (46, 88);
- c)
- 15 (i) comprimir la corriente de gas (48) obtenida por fraccionamiento en la etapa b) para aumentar la presión de la corriente de gas (48) by 345 to 1035 kPa (50 to 150 psi) para producir una corriente de gas comprimido (54) y enfriar la corriente de gas comprimido (54) mediante intercambio de calor con la corriente de gas natural licuado (16) para producir una corriente líquida (56); o
- 20 (ii) comprimir la corriente de gas (94) obtenida por separation en la etapa b) para aumentar la presión de la corriente de gas (94) by 345 to 1035 kPa (50 to 150 psi) para producir una corriente de gas con presión aumentada (54), fraccionar la parte líquida (88) de la corriente de gas natural vaporizado al menos en parte (84) a una presión mayor que la presión de la corriente de gas con presión aumentada (54) para producir una corriente de gas de cabeza (48), combinar la corriente de gas con presión aumentada (54) y la corriente de gas de cabeza (48) para producir una corriente de gas comprimido y enfriar la corriente de gas comprimido mediante intercambio de calor con la corriente de gas natural licuado (16) para producir una corriente líquida (56);
- 25 d) bombear la corriente líquida (56) para producir una corriente líquida a alta presión (24) a una presión entre 5620 y 8375 kPa (800 y 1200 psig);
- 30 e) vaporizar la corriente líquida a alta presión (24) para producir un gas natural acondicionado (32) adecuado para suministrarlo a un gasoducto o para uso comercial; y
- 35 f) recuperar al menos una parte de los líquidos de gas natural (46).
- 2.** El procedimiento de la reivindicación 1 en el que los líquidos de gas natural (46) comprenden hidrocarburos C₂₊.
- 3.** El procedimiento de la reivindicación 1 en el que el procedimiento incluye:
- 40 a) pasar al menos una de entre una primera parte (58) y una segunda parte (62) de un fluido gaseoso de intercambio de calor (78) en contacto de intercambio de calor con al menos una de entre la corriente de gas natural licuado (16) y la corriente líquida a alta presión (24) para producir un fluido líquido de intercambio de calor (60, 64);
- 45 b) bombear el fluido líquido de intercambio de calor (60, 64) para producir un fluido líquido de intercambio de calor a mayor presión (68);
- c) calentar el fluido líquido de intercambio de calor a mayor presión (68) para vaporizar el fluido líquido de intercambio de calor a mayor presión (68) para producir un fluido gaseoso de intercambio de calor a mayor presión (72);
- 50 d) llevar un expansor (74) y generador de energía eléctrica (76) con el fluido gaseoso de intercambio de calor a mayor presión (72) para producir energía eléctrica y el fluido gaseoso de intercambio de calor (78); y
- e) reciclar el fluido gaseoso de intercambio de calor (78) intercambiar calor con la al menos una de entre la corriente de gas natural licuado (16) y la corriente líquida a alta presión (24).
- 55 **4.** El procedimiento de la reivindicación 3 en el que la primera parte (58) del fluido gaseoso de intercambio de calor (78) se hace pasar en contacto de intercambio de calor con el gas natural licuado (16) y en el que la segunda parte (62) del fluido gaseoso de intercambio de calor (78) se hace pasar en contacto de intercambio de calor con la corriente líquida de alta presión (24).
- 60 **5.** El procedimiento de la reivindicación 3 en el que el fluido líquido de intercambio de calor a mayor presión (68) está a una presión entre 1825 y 2860 kPa (250 y 400 psig).
- 65 **6.** El procedimiento de la reivindicación 3 en el que el fluido gaseoso de intercambio de calor (78) está a una temperatura entre -57 y -73°C (-70 y -100°F).

7. El procedimiento de la reivindicación 3 en el que el fluido de intercambio de calor es etano.

8. Sistema para vaporizar una corriente de gas natural licuado, recuperar líquidos de gas natural del gas natural licuado y acondicionar el gas natural para suministrarlo a un gasoducto o para uso comercial, comprendiendo el sistema:

a) una línea de entrada de gas natural licuado (16) en comunicación de fluido con una fuente de gas natural licuado (10) y un primer intercambiador de calor (34);

b)

(i) una columna de destilación (38) en comunicación de fluido con el primer intercambiador de calor (34) y que tiene una salida de gas (48) y una salida de líquidos de gas natural (46); un compresor (50) en comunicación de fluido con la salida de gas (48) y una salida de gas comprimido; una línea (54) en comunicación de fluido con la salida de gas comprimido para pasar la corriente de gas comprimido desde la salida de gas comprimido al primer intercambiador de calor (34) para producir una corriente líquida que se pasa a una salida de líquido (56) del primer intercambiador de calor (34); y una bomba (22) en comunicación de fluido con la salida de líquido (56) del primer intercambiador de calor (34) y un segundo intercambiador de calor (26); o

(ii) una cuba de separación (86) en comunicación de fluido con el primer intercambiador de calor (34) y que tiene una salida de gas de separador (94) y una salida de líquidos (88); una bomba (90) en comunicación de fluido con la salida de líquidos (88) y que tiene una salida de líquido a alta presión (92); una columna de destilación (38) en comunicación de fluido con la salida de líquido a alta presión (92) de la bomba (90) y que tiene una salida de gas de cabeza (48) y una salida de líquidos de gas natural (46); un compresor (50) en comunicación de fluido con la salida de gas de separador (94) y una salida de gas comprimido; una línea (54) en comunicación de fluido con la salida de gas comprimido y la salida de gas de cabeza (48) para combinar el gas comprimido y el gas de cabeza y pasar las corrientes combinadas al primer intercambiador de calor (34) para producir una corriente líquidos de gas combinados a alta presión que se pasa a una salida de líquidos de gas combinados a alta presión (56) del primer intercambiador de calor (34); y una bomba (22) en comunicación de fluido con la salida de líquidos de gas combinados a alta presión (56) del primer intercambiador de calor (34) y un segundo intercambiador de calor (26).

9. El sistema de la reivindicación 8 en el que el sistema también comprende un sistema en circuito cerrado en contacto de intercambio de calor con al menos uno de entre el segundo intercambiador de calor (26) y un tercer intercambiador de calor (36) en contacto de intercambio de calor con la corriente de gas natural licuado (16) y adaptado para calentar corrientes de gas natural (24, 16) en el al menos uno de entre los intercambiadores de calor segundo y tercero (26, 36) y producir energía eléctrica.

10. El sistema de la reivindicación 9 en el que el sistema en circuito cerrado comprende una primera línea de sistema en circuito cerrado (78) en comunicación de fluido con al menos uno de entre el segundo intercambiador de calor (26) y el tercer intercambiador de calor (36) y una bomba del sistema en circuito cerrado (66), una segunda línea de sistema en circuito cerrado (68) en comunicación de fluido con la bomba del sistema en circuito cerrado (66) y un intercambiador de calor de sistema en circuito cerrado (70) adaptado para calentar un fluido de intercambio de calor de sistema en circuito cerrado, una tercera línea de sistema en circuito cerrado (72) en comunicación de fluido con el intercambiador de calor de sistema en circuito cerrado (70) y un turbo-expansor (74), estando el turbo-expansor (74) conectado funcionalmente a un generador de energía eléctrica (76), y que tiene una salida, estando la salida en comunicación de fluido con la primera línea del sistema en circuito cerrado (78).

11. El sistema de la reivindicación 10 en el que la primera línea del sistema en circuito cerrado (78) está en comunicación de fluido tanto con el segundo intercambiador de calor (26) como el tercer intercambiador de calor (36).

FIG. 1
ESTADO DE LA TÉCNICA

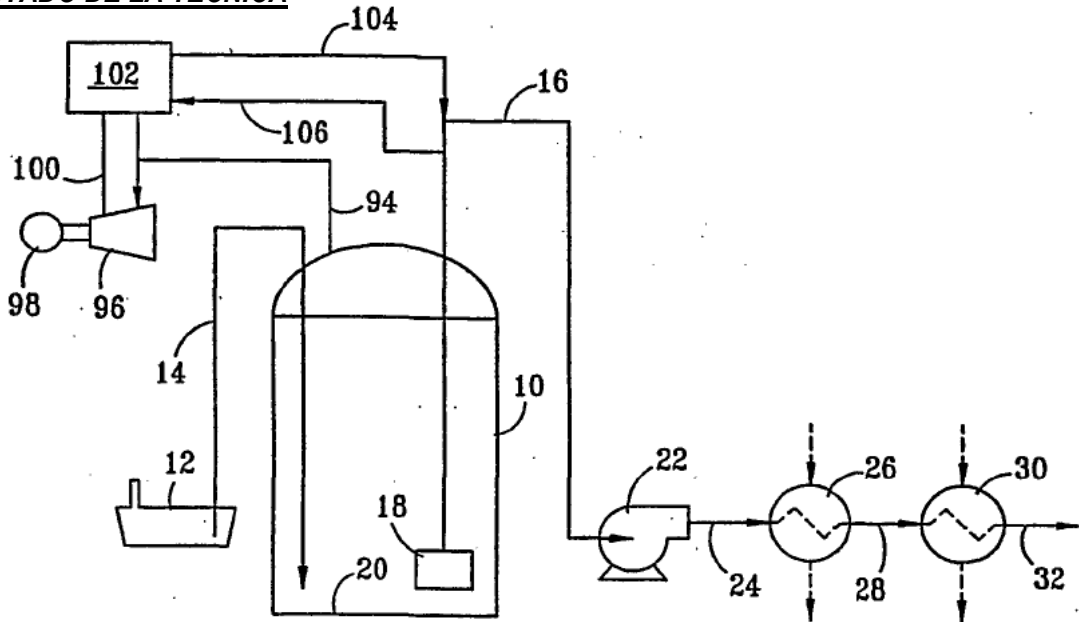


FIG. 2

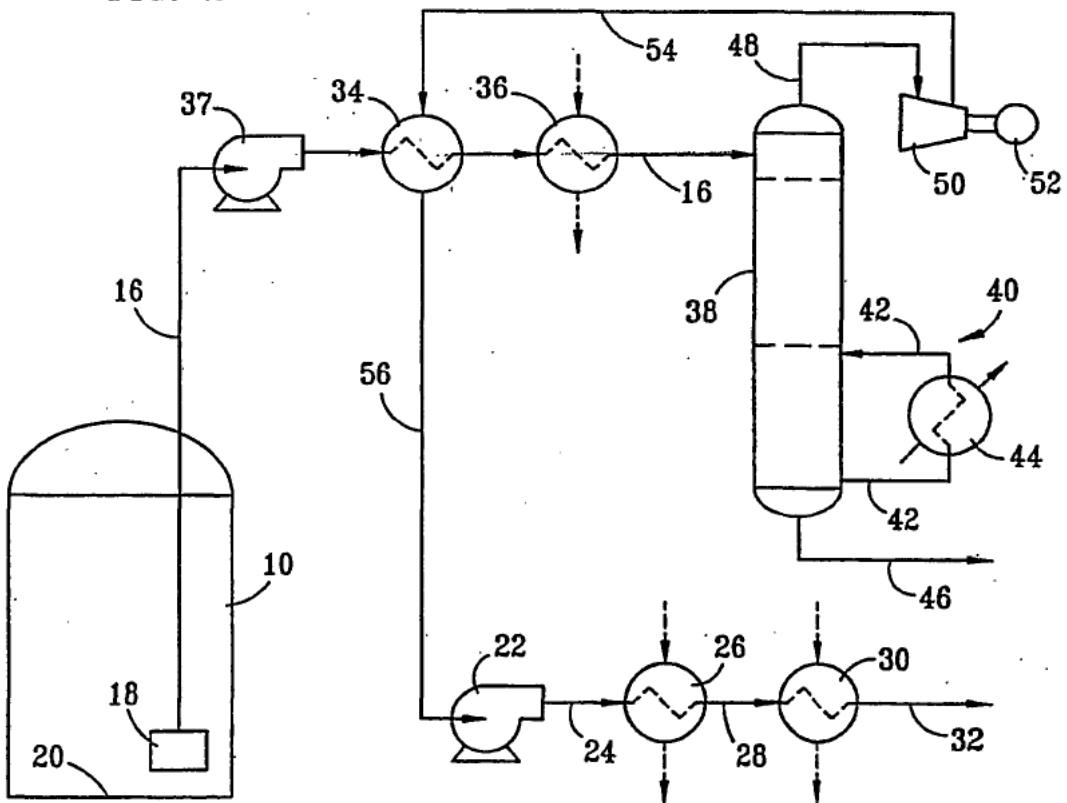


FIG. 3

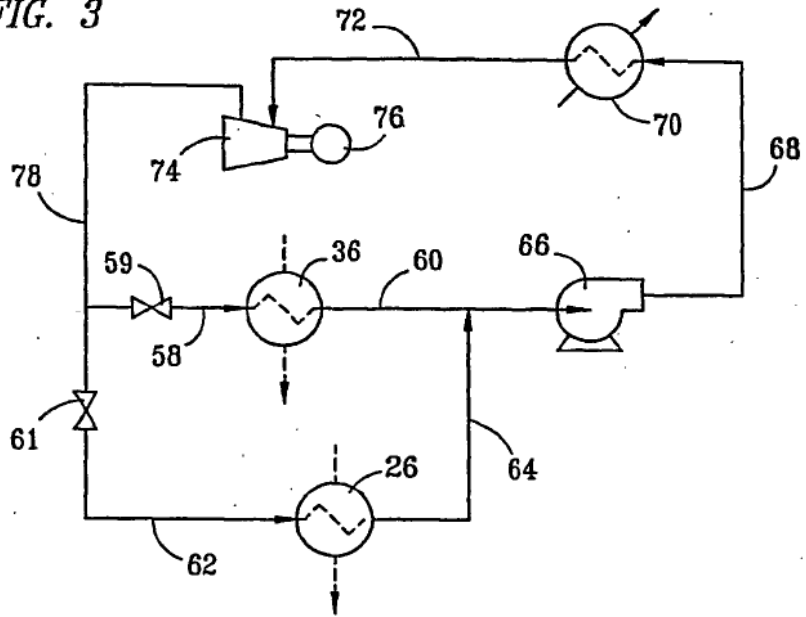


FIG. 4

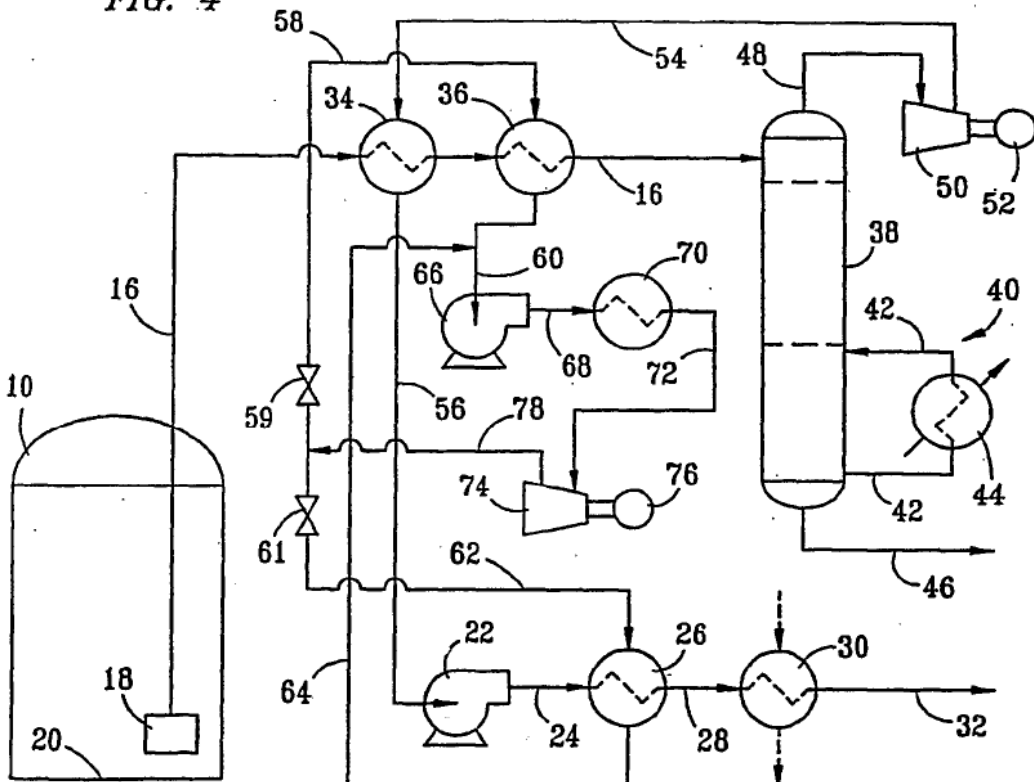


FIG. 5.

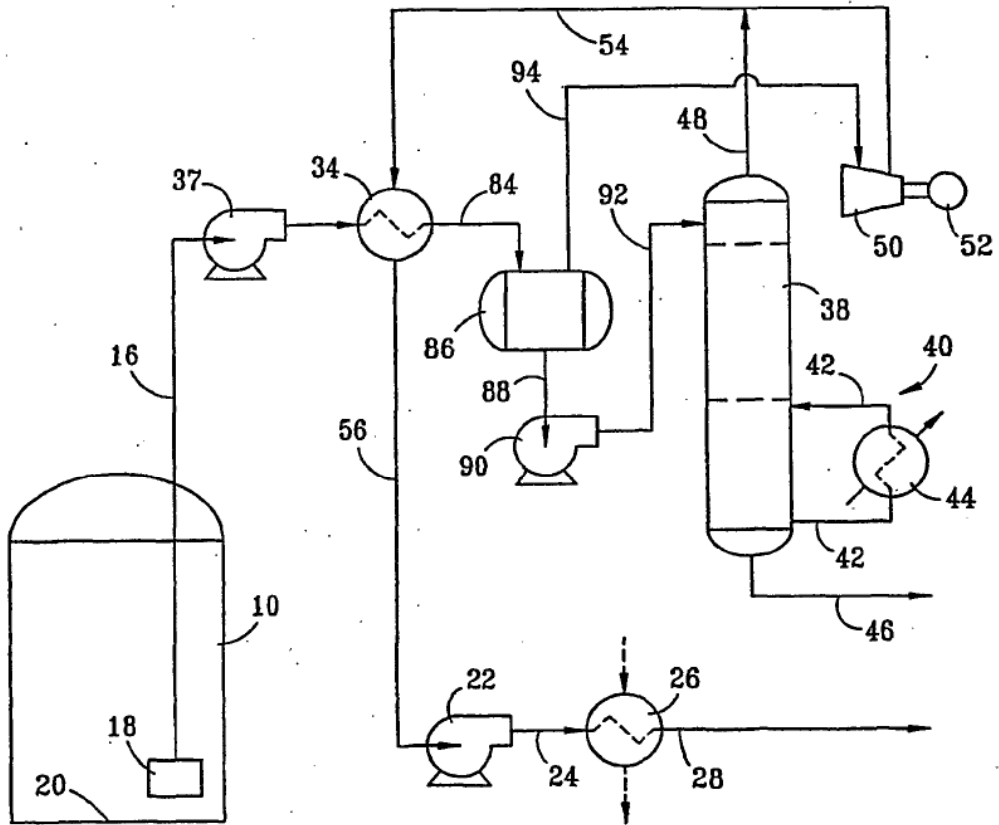


FIG. 6

