

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 405**

51 Int. Cl.:

F04D 7/02	(2006.01)
F04D 13/12	(2006.01)
F04D 25/16	(2006.01)
F04D 29/58	(2006.01)
E21B 43/16	(2006.01)
E21B 41/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.06.2010 PCT/EP2010/058967**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.01.2011 WO11000761**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2010 E 10726092 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017 EP 2449264**

54 Título: **Método para transportar fluidos mediante bombas centrífugas**

30 Prioridad:
30.06.2009 DE 102009031309

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.10.2017

73 Titular/es:
**KSB AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Johann-Klein-Strasse 9
67227 Frankenthal, DE**

72 Inventor/es:
SCHWARZ, GERHARD

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 2 639 405 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

Método para transportar fluidos mediante bombas centrífugas

5 La presente invención se refiere a un método para transportar fluidos mediante bombas centrífugas, disponiendo antes de una bomba centrífuga máquinas y/o aparatos que regulan la presión y/o la temperatura del fluido. Además la presente invención se refiere a un método para secuestrar dióxido de carbono, que consiste en llevar el dióxido de carbono a una presión y/o temperatura adecuadas para un yacimiento previsto y transportarlo al yacimiento.

10 Al quemar combustibles fósiles en las centrales térmicas se forma dióxido de carbono, que es responsable en gran medida del efecto invernadero. Por tanto el objetivo es reducir la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera. Una medida efectiva es la captación del dióxido de carbono. A tal fin, el dióxido de carbono formado en las centrales térmicas es separado y conducido a un depósito. Como yacimientos cabe citar formaciones geológicas tales como las reservas de petróleo o de gas natural, los acuíferos salinos o las vetas carboníferas. También se contemplan los
15 lechos marinos profundos.

En los procesos habituales el dióxido de carbono gaseoso se transporta mediante compresores. La compresión tiene lugar en varias etapas y entre ellas hay que enfriar el gas comprimido. Tanto la compresión como el enfriamiento consumen mucha energía. El gas es comprimido directamente hasta el estado supercrítico.

20 Una vez separado, el dióxido de carbono líquido también se transporta con bombas de membrana. Al bombear el dióxido de carbono líquido hay que procurar que no produzca cavitaciones en la bomba. El dióxido de carbono solo puede adoptar aquellos estados en los cuales no alcance la presión de vapor o quede por debajo de ella. En el caso contrario se forman burbujas de vapor que implosionan al subir la presión en la bomba, ocasionando daños masivos. Por lo tanto la curva de presión de vapor constituye una frontera para el transporte de dióxido de carbono líquido.

25 Durante el transporte de dióxido de carbono líquido puede llegarse inevitablemente a un estado supercrítico en la bomba, lo cual es debido a que tiene una temperatura crítica relativamente baja, de solo 31,0°C, y una presión crítica también relativamente baja, de solo 73,8 bar. Asimismo hay procesos en que el dióxido de carbono ya se encuentra en estado supercrítico al entrar en la bomba.

30 En principio el transporte de dióxido de carbono supercrítico con bombas centrífugas ya es conocido. En la patente WO 2005/052365 A2 se describe una bomba de una sola etapa, con motor provisto de diafragma, que transporta el dióxido de carbono supercrítico en recirculación. El fluido es impulsado por un rotor sujeto a un eje que descansa en rodamientos resistentes a la corrosión. Así se evita la formación de partículas abrasivas que pueden estropear el motor de elevadas revoluciones provisto de diafragma.

35 En la patente WO 00/63529 se describe un sistema de bombeo para dióxido de carbono líquido o supercrítico. Este sistema de bombeo comprende una bomba de varias etapas en forma de una motobomba sumergible colocada en una carcasa tipo olla. Este dispositivo va destinado a un sistema cerrado de transporte en el cual hay presiones muy altas a la entrada de la bomba. Debido a estas condiciones límite el dióxido de carbono que debe transportarse está exclusivamente en fase líquida. El sistema se utiliza para la recuperación mejorada de petróleo (RPM), inyectando dióxido de carbono en los campos petrolíferos con el fin de aumentar el rendimiento de la extracción de petróleo. El sistema también sirve para secuestrar dióxido de carbono.

40 Las patentes WO 99/41490 A1 y WO 2005/052365 A2 describen asimismo sistemas para transportar el dióxido de carbono supercrítico. La patente US 2005/0155378 A1 describe un sistema para transportar dióxido de carbono muy puro.

45 Durante el transporte de dióxido de carbono supercrítico con bombas centrífugas suelen presentarse muchos problemas, ya que en la región supercrítica el dióxido de carbono adopta una y otra vez estados que provocan un funcionamiento discontinuo de la bomba centrífuga y pueden llegar a dañarla. El aumento de presión en la bomba centrífuga produce grandes variaciones de densidad en el fluido que ocasionan este comportamiento.

50 La presente invención tiene por objeto ofrecer un método que permita el transporte de fluidos supercríticos mediante bombas centrífugas, de manera segura, evitando variaciones de densidad inadmisibles del fluido que se quiere transportar.

55 La presente invención resuelve esta tarea regulando con máquinas y/o aparatos el estado del fluido a la entrada a la bomba centrífuga, de manera que en ella solo adopte aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad del fluido ya ha alcanzado su valor mínimo o lo ha superado.

60 El coeficiente de compresibilidad, también llamado factor de compresibilidad o factor de compresión, se define como

65

$$z = \frac{p \cdot V}{n \cdot R \cdot T} = \frac{p \cdot V}{m \cdot R_i \cdot T} = \frac{p \cdot v}{R_i \cdot T}$$

Aquí los símbolos de la fórmula representan las siguientes magnitudes:

5	p – presión, V – volumen, n – cantidad de materia, T – temperatura absoluta,	[p] = bar [V] = m ³ [n] = mol [T] = K
10	R – constante universal de los gases,	[R] = 8,3145 $\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
	m – masa,	[m] = kg
15	R _i - constante específica de gas de la sustancia i,	[R] = $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
20	v – volumen específico,	[v] = $\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

25 Así como para los gases ideales el coeficiente de compresibilidad es igual a uno, para los gases reales varía en función de la presión y de la temperatura. Por debajo de la llamada temperatura de Boyle, al aumentar la presión el coeficiente de compresibilidad primero disminuye hasta llegar a un mínimo y después vuelve a subir. El método de la presente invención garantiza que el fluido solo adopte en la bomba centrífuga aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad ya haya alcanzado o superado su valor mínimo. Si la bomba centrífuga trabaja dentro de estos intervalos de funcionamiento permitidos, el comportamiento discontinuo de la bomba centrífuga al impulsar fluidos supercríticos y su deterioro quedan descartados con seguridad.

30 Para el transporte de líquidos con bombas centrífugas se conoce desde hace tiempo una línea fronteriza a la cual no se debe llegar o quedar por debajo de ella. Para los líquidos esta línea fronteriza es la curva de presión de vapor. Por debajo de ella tiene lugar la cavitación. En cambio para la región supercrítica no hay ninguna línea fronteriza análoga a la curva de presión de vapor, porque ésta termina en el punto crítico.

35 Conforme a la presente invención, para el funcionamiento de las bombas centrífugas se define por primera vez una línea fronteriza de la región supercrítica por debajo de la cual no se debe operar. El método de la presente invención evita con seguridad las variaciones inadmisibles de la densidad del fluido transportado en la región supercrítica.

40 Durante el proceso de bombeo hay aumentos de presión y temperatura en la bomba centrífuga. Los estados que adopta un fluido en la bomba centrífuga dependen de la situación del transporte y del tipo de bomba centrífuga utilizada, que normalmente ya conoce el operador. Las máquinas y los aparatos empleados en el proceso ajustan el estado del fluido a la entrada de manera que su coeficiente de compresibilidad haya alcanzado o superado su valor mínimo, al menos a la entrada de la bomba centrífuga.

45 Durante el proceso el fluido puede estar ya en un estado supercrítico a la entrada de la bomba centrífuga. También es posible que el fluido sea primero líquido al entrar en la bomba centrífuga y solo a continuación alcance un estado supercrítico dentro de la misma. En este caso también hay que observar la línea fronteriza.

50 El estado del fluido a la entrada se regula preferiblemente con compresores e intercambiadores de calor. Resulta ventajoso que el fluido pase al menos por una etapa de compresión y refrigeración. El estado del fluido a la entrada de la bomba centrífuga se ajusta mediante el número de etapas de compresión y refrigeración.

55 Como estado de entrada vale en general el que tiene el fluido en el tubo de aspiración de la bomba centrífuga. No obstante, al entrar luego en el rotor, el fluido tiene que haber alcanzado un estado de entrada conforme a la presente invención.

60 En una forma de ejecución especialmente preferida de la presente invención se mide la temperatura y/o la presión de entrada del fluido y se transmite a una unidad de control y/o regulación. Como unidad de control y/o regulación se puede emplear cualquiera de las existentes en el comercio. También cabe pensar en el uso de un sistema de control de procesos. Mediante la unidad de control y/o regulación se pueden graduar específicamente las máquinas y los aparatos para ajustar el estado de entrada del fluido. Para ello la unidad de control y/o regulación manda señales a las máquinas y aparatos. A través de las señales se regulan los motores de accionamiento o los servomecanismos de las máquinas y aparatos. En una forma de ejecución ventajosa de la presente invención la unidad de control y/o

regulación dispara una alarma si el coeficiente de compresibilidad del fluido a la entrada de la bomba aún no ha alcanzado su valor mínimo. En tal caso, como complemento o alternativa, la instalación se puede poner en situación de seguridad, desconectando incluso la bomba centrífuga.

5 De la descripción basada en las figuras se desprenden otras características y ventajas de la presente invención.

Fig. 1: diagrama de flujo del proceso de la presente invención.

Fig. 2: diagrama que representa el coeficiente de compresibilidad del dióxido de carbono en función de la presión.

10 Fig. 3: diagrama que representa el producto $p \cdot v$ para el dióxido de carbono en función de la presión.

Fig. 4a: diagrama de fases del dióxido de carbono en el cual la línea fronteriza según la presente invención está marcada en la región supercrítica para el funcionamiento de las bombas centrífugas y donde la curva de funcionamiento de la bomba centrífuga transcurre completamente en la región permitida.

15 Fig. 4b: diagrama de fases del dióxido de carbono en el cual la línea fronteriza según la presente invención está marcada en la región supercrítica para el funcionamiento de las bombas centrífugas y donde la curva de funcionamiento de la bomba centrífuga transcurre completamente en la región prohibida.

Fig. 4c: diagrama de fases del dióxido de carbono en el cual la línea fronteriza según la presente invención está marcada en la región supercrítica para el funcionamiento de las bombas centrífugas y donde el punto de entrada está en la región permitida, pero el punto de salida está inicialmente en la región prohibida.

20 En la fig. 1 se muestra una representación esquemática de un diagrama de flujo del proceso conforme a la presente invención. El fluido, en este caso dióxido de carbono, entra primero en un compresor 1 accionado por un motor 2.

25 Esta representación esquemática es válida para configuraciones de compresión de una o varias etapas. El número de etapas de compresión e intercambio de calor en el proceso representado varía en función del estado de entrada del fluido y del refrigerante. Por motivos de claridad aquí solo se representan 2 etapas de proceso, pero suele haber más.

30 En el compresor 1 se incrementa la presión del fluido y por consiguiente aumenta su temperatura. A la salida del compresor 1 el fluido entra en un intercambiador de calor 3. El intercambiador de calor 3, atravesado por un flujo de refrigerante, absorbe calor de la corriente del fluido disminuyendo así su temperatura. El caudal de refrigerante se regula mediante una válvula 4. Como servomecanismo, la válvula 4 es accionada por un motor 5.

35 Según la presente invención, las máquinas 1, 6 y los aparatos 3, 8 regulan el estado del fluido a la entrada de la bomba centrífuga 11 para que en ella el fluido adopte solo aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad ya haya alcanzado o superado su valor mínimo. A tal fin los estados de agregación del fluido a la entrada de la bomba centrífuga 11 se registran en puntos de medición de presión y temperatura 13, 14 habituales. Los puntos de medición 13, 14 están conectados a una unidad de regulación 15 que controla las máquinas 1, 6 y los aparatos 3, 8.

40 La unidad de regulación 15 garantiza el ajuste de los estados de agregación antes de la bomba centrífuga 11 para que ésta pueda funcionar sin estropearse. El motor 12 de la bomba centrífuga 11 también puede regularse mediante la unidad de regulación 15, si está correctamente diseñado. El uso de motores de número variable de revoluciones es ventajoso para el proceso, lo cual depende de las respectivas condiciones límite del proceso o de su instalación.

45 El punto de medición de la presión 13, señalado abreviadamente como PI, mide la presión del dióxido de carbono. Cuando hay peligro de que el dióxido de carbono adopte dentro de la bomba centrífuga 11 aquellos estados de la región prohibida donde el coeficiente de compresibilidad aún no ha alcanzado su valor mínimo, las señales del punto de medición se transmiten a los motores 2, 7 de los compresores 1, 6 mediante la unidad de regulación 15, con la cual se puede ajustar la presión del dióxido de carbono.

50 El punto de medición de la temperatura 14, señalado abreviadamente como TI, mide la temperatura del dióxido de carbono. Cuando hay peligro de que el dióxido de carbono adopte en el interior de la bomba centrífuga 11 aquellos estados de la región prohibida donde el coeficiente de compresibilidad todavía no ha alcanzado su valor mínimo, las señales del punto de medición se transmiten a los motores 5, 10 de las válvulas 4, 9, a través de la unidad de regulación 15, con la cual se puede ajustar la temperatura del dióxido de carbono mediante el flujo de refrigerante que atraviesa los intercambiadores de calor 3, 8. Por motivos de claridad no están representados otros sensores que controlan las máquinas 1, 6 y los aparatos 3, 8, los cuales también estarían conectados a la unidad de regulación 15 para controlar el proceso.

60 El dióxido de carbono abandona la bomba centrífuga 11 en el estado que requiere la prosecución del proceso. Al contrario que en los procesos convencionales, en los cuales los compresores se usan simplemente para impulsar el dióxido de carbono, el método de la presente invención permite que se produzcan grandes diferencias de presión en la bomba centrífuga, sin necesidad de refrigeración intermedia.

65 En la fig. 2 se muestra un diagrama donde se representa el coeficiente de compresibilidad z del fluido transportado en función de la presión p . Conforme a la presente invención, el estado de entrada del fluido se ajusta mediante las

máquinas 1, 6 y/o los aparatos 3, 8 de manera que al atravesar la bomba centrífuga 11 el fluido solo adopte aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad ya ha alcanzado o superado su valor mínimo. Al subir la presión en la bomba centrífuga, el coeficiente de compresibilidad del fluido permanece constante o aumenta. En la fig. 2 se ha representado una curva de funcionamiento 16 de una bomba centrífuga 11 donde tanto el estado de entrada E como el estado de salida A del fluido se encuentran en la región permitida. A la entrada de la bomba centrífuga 11 el fluido se halla en un estado en que el coeficiente de compresibilidad z ya ha superado su valor mínimo. En la bomba 11 varía la presión p y la temperatura T del fluido. Aquí el fluido entra en la bomba 11 con una presión de 95 bar y sale con una presión de 300 bar. La temperatura de entrada del fluido es de 35°C aproximadamente y la temperatura de salida del mismo es de 70°C aproximadamente. Conforme a la presente invención, el estado de entrada del fluido se ajustó con las máquinas 1, 6 y/o los aparatos 3, 8 de modo que en la bomba centrífuga 11 el fluido solo adoptase aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad z ya había alcanzado o superado su valor mínimo.

Uniendo los mínimos de cada una de las isoterms del fluido, representadas por líneas de trazo discontinuo en el diagrama de la fig. 2, queda definida una curva límite 17, trazada en negrita, para fluidos bombeables en la región supercrítica. Esta región supercrítica se encuentra a la derecha del punto supercrítico kP del fluido. De este modo se define según la presente invención la curva límite 17 de la región supercrítica para el funcionamiento de las bombas centrífugas.

La fig. 3 muestra un diagrama en el cual está representado el producto $p \cdot v$ en función de la presión p del dióxido de carbono. El producto $p \cdot v$ se puede considerar similar al coeficiente de compresibilidad z . Así como las isoterms del comportamiento ideal de los gases tienen un recorrido horizontal, los gases reales se comportan según las isoterms representadas por líneas de trazo discontinuo en la fig. 3. Al subir la presión sobre una isoterma el producto $p \cdot v$ toma primero valores bajos hasta alcanzar un mínimo. Después de pasar por cada mínimo, el producto $p \cdot v$ va subiendo al aumentar la presión y este incremento es casi lineal. Según la presente invención, el estado de entrada del fluido se ajusta mediante las máquinas 1, 6 y/o los aparatos 3, 8 de manera que el producto $p \cdot v$ del fluido ya haya alcanzado o superado su valor mínimo en la bomba centrífuga 11. En la fig. 3 se ha representado una curva de funcionamiento 16 de una bomba centrífuga 11 donde tanto el estado de entrada E como el estado de salida A del fluido se hallan en la región permitida. A la entrada de la bomba centrífuga 11 el fluido se halla en un estado en que el coeficiente de compresibilidad z ya ha superado su valor mínimo. En la bomba varía la presión p y la temperatura T del fluido. El fluido entra en la bomba con una presión de 95 bar y sale con una presión de 300 bar. La temperatura de entrada del fluido es de 35°C aproximadamente y la temperatura de salida del mismo es de 70°C aproximadamente. Según la presente invención, el estado de entrada del fluido se ajustó con las máquinas 1, 6 y/o los aparatos 3, 8 de modo que en la bomba centrífuga 11 el fluido solo adoptase aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad z ya había alcanzado o superado su valor mínimo. La curva de funcionamiento 16 se encuentra totalmente en la región permitida. Análogamente a la fig. 2, el límite de bombeo también está representado aquí como una curva límite 17 trazada en negrita.

Las figuras 4a, 4b y 4c muestran el diagrama de fases del dióxido de carbono, también denominado con frecuencia diagrama de estado o diagrama p - T . Además de los estados de agregación habituales – gaseoso, gs y líquido, lq – también se representa el estado supercrítico, sc . Del diagrama se desprende que a una presión normal de 1,013 bar el dióxido de carbono no puede ser líquido, solo se observa una sublimación a -78,5°C. El dióxido de carbono solo puede licuarse a presiones más altas. Para el transporte del dióxido de carbono líquido la curva de presión de vapor 18 constituye una línea fronteriza de las condiciones de trabajo que puede adoptar el fluido en la bomba centrífuga. El dióxido de carbono líquido no puede adoptar en la bomba centrífuga ningún estado en que se alcance o supere la curva de presión de vapor 18, si no, la bomba centrífuga entra en cavitación. La curva de presión de vapor 18 está limitada por el punto triple TP y el punto crítico kP .

En el gráfico de la fig. 4a el estado de entrada E del fluido transportado se halla en la región permitida. A la entrada de la bomba centrífuga 11 el fluido se halla en un estado en que el coeficiente de compresibilidad z ya ha superado su valor mínimo. Dentro de la bomba varía la presión p y la temperatura T del fluido. El fluido entra en la bomba con una presión de 95 bar y sale con una presión de 220 bar. La temperatura de entrada del fluido es de 35°C. La temperatura de salida del fluido es de 59°C. Según la presente invención, el estado de entrada del fluido se ajustó con las máquinas 1, 6 y/o los aparatos 3, 8 de modo que en la bomba centrífuga 11 el fluido solo adoptase aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad z ya había alcanzado o superado su valor mínimo. La curva de funcionamiento 16 se halla totalmente en la región supercrítica permitida, dividida por la curva límite 17. En esta representación de la fig. 4a la región de bombeo permitida está a la izquierda de la curva límite 17.

En el ejemplo representado en la fig. 4b tanto el estado de entrada E como el estado de salida A están en la región permitida. Toda la curva de funcionamiento 16 se halla a la derecha de la curva límite 17 y por lo tanto en la región supercrítica prohibida, ya que el coeficiente de compresibilidad z del fluido transportado todavía no ha alcanzado su valor mínimo. Ahora, según la presente invención, el estado de entrada del fluido se modifica con las máquinas 1, 6 y/o los aparatos 3, 8 de modo que toda la curva de funcionamiento 16' quede en la región permitida, es decir, que el fluido solo adopte en la bomba centrífuga 11 aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad del fluido ya haya alcanzado o superado su valor mínimo. De esta forma toda la curva de funcionamiento 16 se desplaza y ahora queda totalmente como una curva de funcionamiento conforme 16' en la región permitida. El estado de entrada se modificó con las máquinas 1, 6 y/o los aparatos 3, 8 de manera que el fluido entrara en la bomba centrífuga 11 a una

temperatura más baja T . De esta forma toda la curva de funcionamiento se desplaza de 16 a 16' y por tanto ahora, según la presente invención, el fluido solo adopta en la bomba centrífuga 11 aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad z ya ha alcanzado o superado su valor mínimo. Como alternativa también se puede ajustar la presión de entrada p a un valor más elevado. Tras esta variación todos los estados de entrada quedan en la región permitida.

En la representación de la fig. 4c el estado de entrada E del fluido está en la región supercrítica permitida, pero el estado de salida A se halla en la región prohibida. A la entrada del fluido en la bomba el fluido está primero en un estado en que el coeficiente de compresibilidad z ya ha superado su valor mínimo. En el interior de la bomba varía la presión y la temperatura del fluido.

El fluido entra en la bomba con una presión de 95 bar y sale con una presión de 220 bar. La temperatura de entrada del fluido es de 35°C. La temperatura de salida del fluido es de 130°C. A partir del punto de intersección V de la curva de funcionamiento 16 el régimen del fluido toma en la curva límite 17, trazada en negrita, unos valores en que el coeficiente de compresibilidad z aún no ha alcanzado o superado su valor mínimo. A partir de este punto de intersección V la curva de funcionamiento transcurre en la región prohibida. . Entonces, según la presente invención, el estado de entrada del fluido se modifica con las máquinas 1, 6 y los aparatos 3, 8 de modo que toda la curva de funcionamiento 16 quede en la región permitida, es decir, que el fluido solo adopte en la bomba centrífuga aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad del fluido ya haya alcanzado o superado su valor mínimo. El punto de entrada E de la curva 16 se continúa desplazando hacia la izquierda de manera que el fluido entre en la bomba centrífuga 11 a una temperatura más baja en el punto de entrada E' . De este modo toda la curva de funcionamiento 16, que se halla en la región prohibida, se desplaza hacia la región supercrítica permitida formando la nueva curva de funcionamiento 16'. Como alternativa también se puede ajustar la presión de entrada p a un valor más elevado. Tras esta variación todos los estados de entrada quedan en la región permitida. Entonces, conforme a la presente invención, el fluido solo adopta en la bomba centrífuga aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad ya ha alcanzado o superado su valor mínimo. Tras esta variación todos los estados de entrada quedan en la región permitida.

REIVINDICACIONES

1. Método para transportar fluidos con bombas centrífugas (11), disponiendo antes de una bomba centrífuga (11) unas máquinas (1, 6) y/o unos aparatos (3, 8) que modifiquen la presión y/o la temperatura del fluido, caracterizado porque se mide la temperatura de entrada (T) y/o la presión (p) de entrada del fluido y se transmite a una unidad de control y/o regulación (13, 14) que manda señales a las máquinas (1, 6) y/o a los aparatos (3, 8) mediante las cuales se puede ajustar el estado de entrada del fluido, de modo que con las máquinas (1, 6) y/o los aparatos (3, 8) el estado de entrada del fluido se ajusta para que en la bomba centrífuga (11) el fluido solo adopte aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad (z) ya haya alcanzado o superado su valor mínimo.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el fluido está en un estado supercrítico a la entrada de la bomba centrífuga (11) o en la bomba centrífuga (11).
3. Método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque al subir la presión en la bomba centrífuga (11) el coeficiente de compresibilidad (z) del fluido permanece igual o aumenta.
4. Método según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la unidad de control y/o regulación (13, 14) lleva el proceso a un estado de seguridad cuando el coeficiente de compresibilidad (z) del fluido a la entrada de la bomba centrífuga (11) aún no ha alcanzado su valor mínimo.
5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el estado de entrada del fluido se puede ajustar con máquinas (1, 6) en forma de compresores y/o con aparatos (3, 8) en forma de intercambiadores de calor.
6. Método según la reivindicación 5, caracterizado porque el fluido transportado pasa por al menos una etapa de compresión y/o por una etapa de refrigeración.
7. Método para secuestrar dióxido de carbono, llevándolo hasta una presión y/o una temperatura adecuadas para un depósito previsto y transportándolo hacia el mismo, caracterizado porque una bomba centrífuga (11) bombea el dióxido de carbono hasta el depósito conforme al proceso según una de las reivindicaciones 1 a 6, de modo que antes de la bomba centrífuga se colocan unas máquinas (1, 6) y/o unos aparatos (3, 8) que modifican la presión y/o la temperatura del dióxido de carbono y mediante las máquinas (1, 6) y/o los aparatos (3, 8) se ajusta el estado de entrada del fluido para que en la bomba centrífuga (11) solo adopte aquellos estados en que el coeficiente de compresibilidad (z) ya ha alcanzado o superado su valor mínimo.
8. Método según la reivindicación 7, caracterizado porque el fluido está en un estado supercrítico a la entrada de la bomba centrífuga (11) o en la bomba centrífuga (11).
9. Método según la reivindicación 7 u 8, caracterizado porque al subir la presión en la bomba centrífuga (11) el coeficiente de compresibilidad (z) del fluido permanece igual o aumenta.
10. Método según una de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado porque se mide la temperatura de entrada (T) y/o la presión (p) de entrada del fluido y se transmite a una unidad de control y/o regulación (13, 14).
11. Método según la reivindicación 10, caracterizado porque la unidad de control y/o regulación (13, 14) manda señales a las máquinas (1, 6) y/o a los aparatos (3, 8) mediante las cuales se puede ajustar el estado de entrada del fluido.
12. Método según la reivindicación 10 u 11, caracterizado porque la unidad de control y/o regulación (13, 14) dispara una alarma cuando el coeficiente de compresibilidad (z) a la entrada del fluido en la bomba centrífuga (11) aún no ha alcanzado su valor mínimo.
13. Método según una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado porque la unidad de control y/o regulación (13, 14) desconecta la instalación cuando el coeficiente de compresibilidad (z) a la entrada del fluido en la bomba centrífuga (11) aún no ha alcanzado su valor mínimo.
14. Método según una de las reivindicaciones 7 a 13, caracterizado porque el estado de entrada del fluido se ajusta con máquinas (1, 6) en forma de compresores y/o con aparatos (3, 8) en forma de intercambiadores de calor.
15. Método según la reivindicación 14, caracterizado porque el fluido transportado pasa por al menos una etapa de compresión (1, 6) y/o por una etapa de refrigeración (3, 8).

Fig. 2

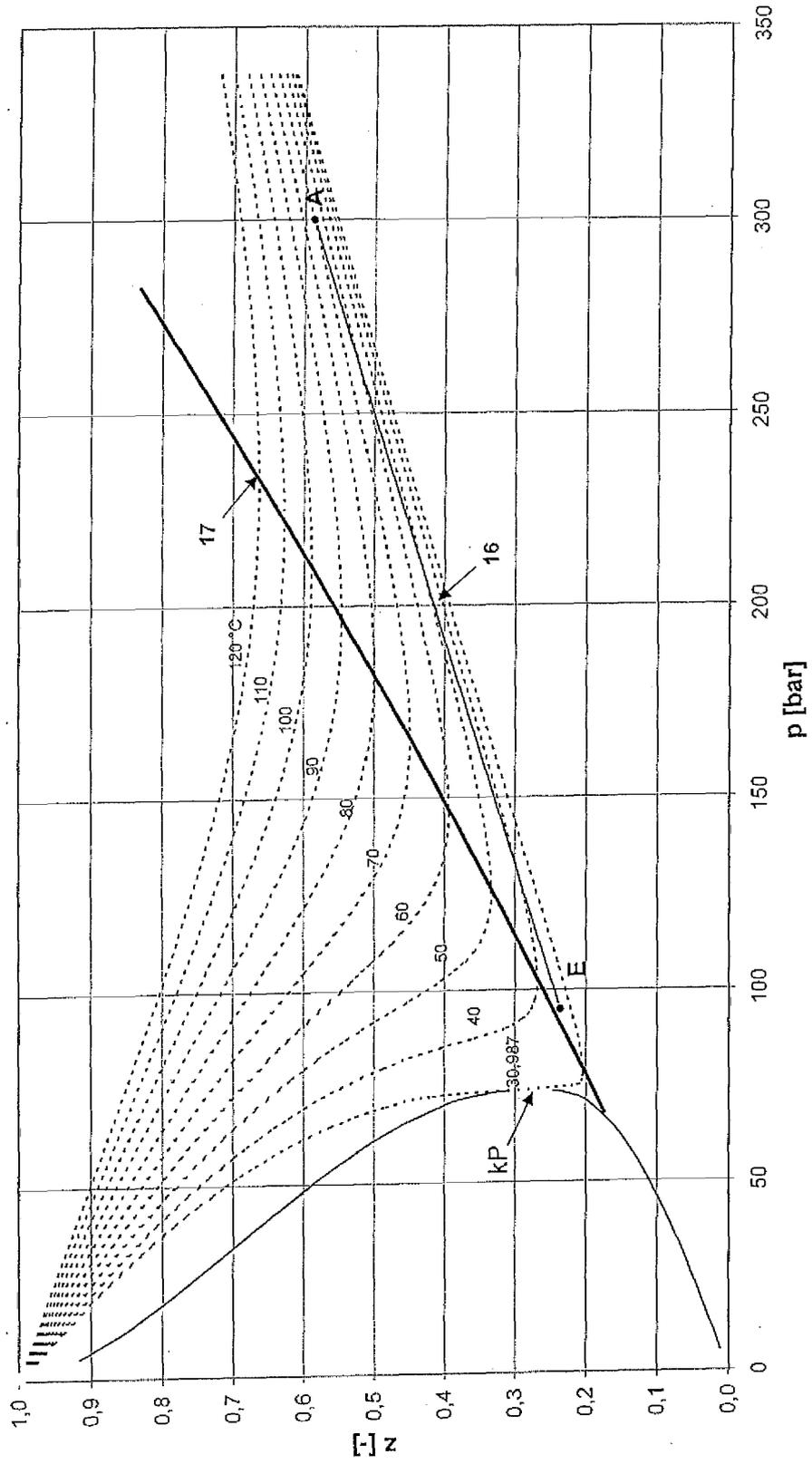


Fig. 3

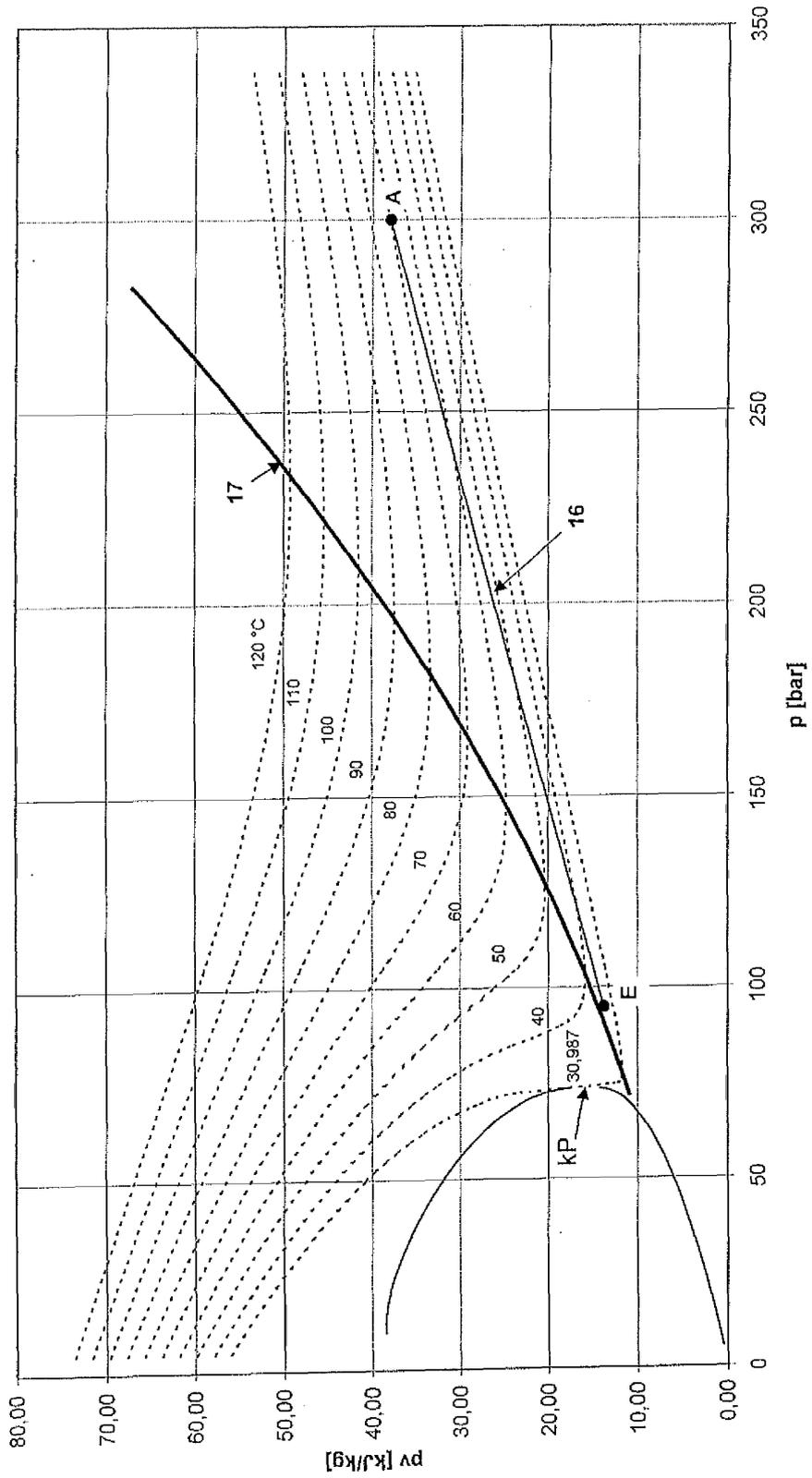


Fig. 4a

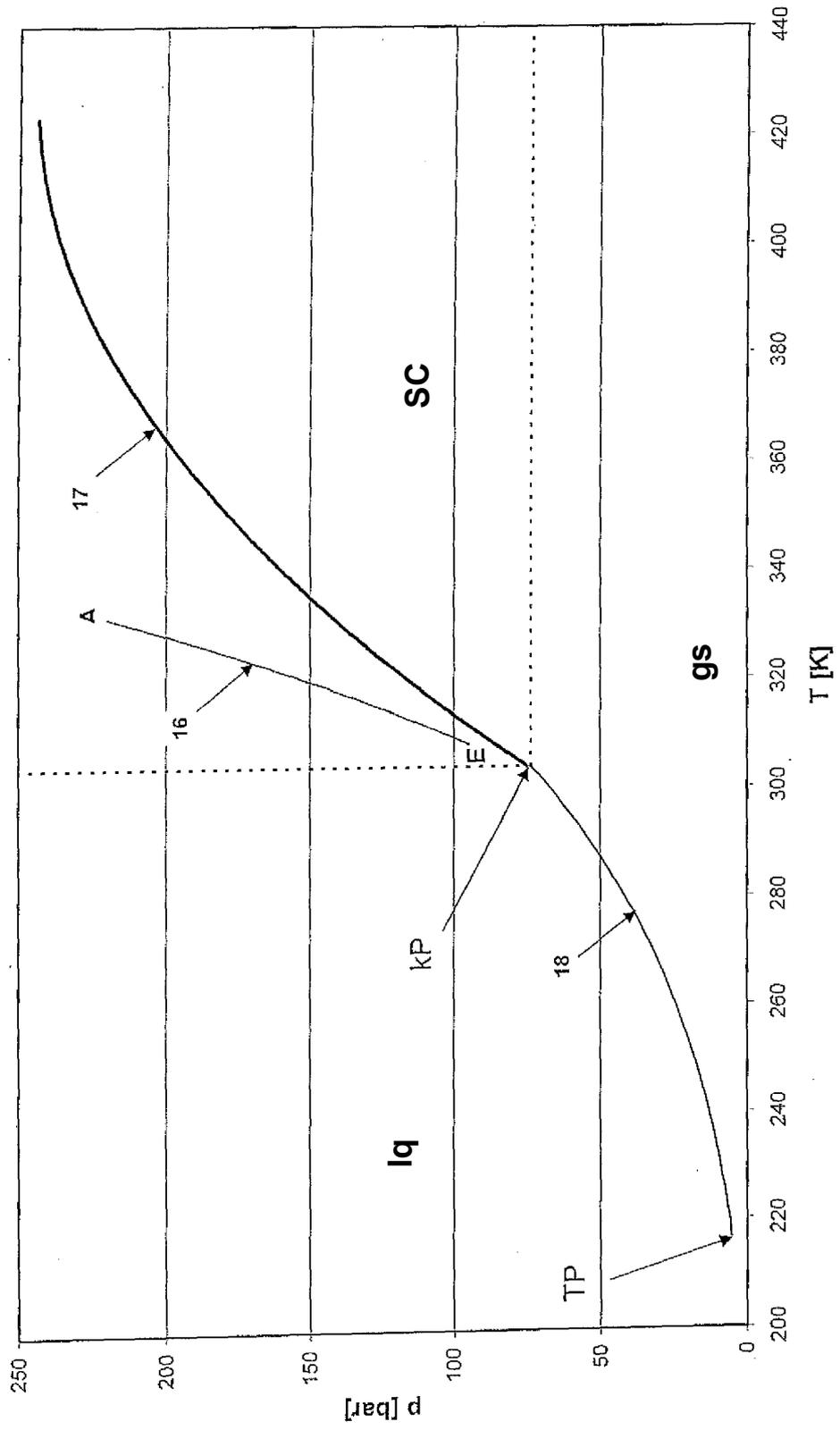


Fig. 4b

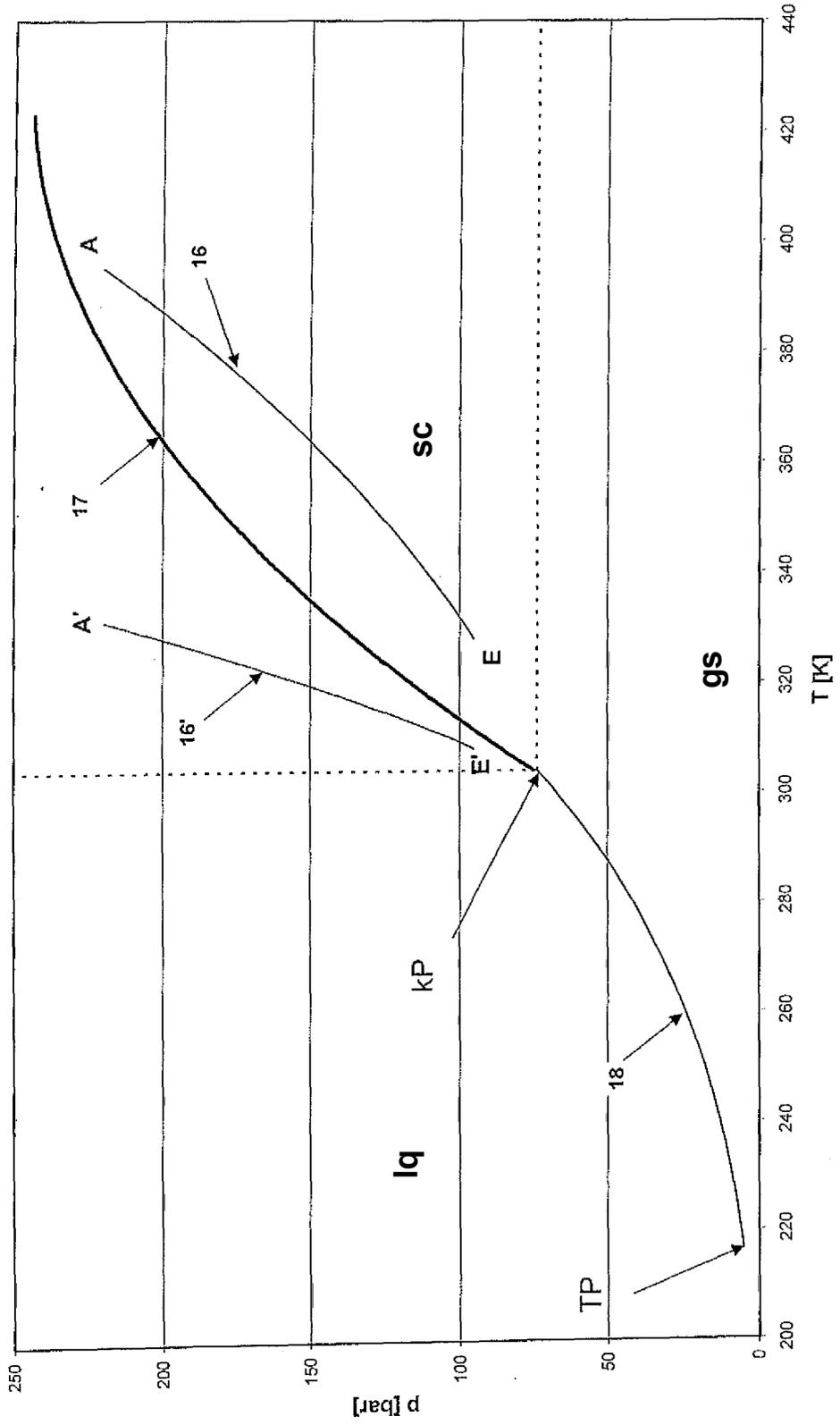


Fig. 4c

