

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 010 670**

51 Int. Cl.:

F04C 14/28 (2006.01)

F04C 28/28 (2006.01)

F04C 18/16 (2006.01)

F04C 2/16 (2006.01)

F04C 14/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2021 E 21204667 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2024 EP 4015822**

54 Título: **Procedimiento para el transporte de un fluido mediante una bomba de husillo helicoidal y bomba de husillo helicoidal**

30 Prioridad:

16.12.2020 DE 102020133760

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

04.04.2025

73 Titular/es:

**LEISTRITZ PUMPEN GMBH (100.00%)
Markgrafenstraße 36-39
90459 Nürnberg, DE**

72 Inventor/es:

MAURISCHAT, ROLAND

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 3 010 670 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 el transporte de un fluido mediante una bomba de husillo helicoidal y bomba de husillo helicoidal

5 La invención se refiere a un procedimiento para el transporte de un fluido a través de una bomba de husillo helicoidal, en donde al menos un husillo de accionamiento de la bomba de husillo helicoidal se impulsa mediante un motor asíncrono. La invención se refiere además a una bomba de husillo helicoidal.

Las bombas de husillo helicoidal se utilizan en muchas áreas para transportar fluidos. A este respecto, se pueden transportar medios fluidos, a modo de ejemplo crudo o petróleo. No obstante, frecuentemente se presentan mezclas de gases y líquidos, a modo de ejemplo de petróleo y gas natural, que se deben transportar.

10 Si en bombas de husillo helicoidal convencionales se transporta una mezcla de gas-líquido con una fracción de gas relativamente elevada, la compresión de gas se efectúa principalmente recirculándose líquido de cámaras de bombeo, que se encuentran ya a una presión relativamente elevada, a cámaras de bombeo previas, y comprimiéndose el gas en estas. A este respecto, es desfavorable transportar el fluido en primer lugar contra un gradiente de presión relativamente pronunciado y recircularlo a continuación al menos parcialmente a una zona de presión más reducida. De este modo resulta típicamente un requisito de potencia para la bomba, que es aproximadamente independiente de la fracción de gas. Por consiguiente, incluso con fracciones de gas elevadas, el diseño y el control de la bomba se efectúa como se efectuaría también para un transporte de líquido puro.

15 En el ámbito de un perfeccionamiento interno de bombas correspondientes se reconoció que mediante la selección apropiada de la geometría de la bomba y el índice de revoluciones se puede conseguir que las bombas de husillo helicoidal en funcionamiento multifásico con contenidos de gas elevados, a modo de ejemplo de 90 % o más, a modo de ejemplo, requieran una potencia de accionamiento menor en 25 % que para un transporte de líquido puro.

20 En muchos casos de aplicación en los que se requiere una mezcla multifásica, por ejemplo en el área del transporte común de petróleo y gas natural, se pueden producir corrientes de obturación, de modo que durante un periodo de tiempo corto se debe transportar casi el 100 % de la fracción de líquido. No obstante, ya que el perfeccionamiento mencionado reduce la potencia de accionamiento necesaria exclusivamente con contenidos de gas elevados, en tales casos de aplicación resulta una reducción notable de los costes de energía. No obstante, el motor asíncrono se debe diseñar de modo que la bomba de husillo helicoidal proporcione una potencia suficiente para un transporte de líquido puro. Por lo tanto, en la mayor parte de casos de aplicación, la reducción de la potencia de accionamiento necesaria exclusivamente en el transporte de fluidos con contenido de gas elevado no es suficiente para poder dimensionar también accionamiento de la bomba de husillo helicoidal más reducido y, por consiguiente, disminuir los costes de adquisición de la bomba de husillo helicoidal.

25 El documento DE 36 21 967 A1 divulga un agregado de bombeo tubular con motor de accionamiento. La bomba se puede formar como bomba helicoidal excéntrica. El motor de accionamiento se puede impulsar con una corriente multifásica a frecuencia ajustable, mediante lo cual el índice de revoluciones se puede adaptar al medio a transportar considerando el tipo de bomba utilizado. A este respecto, para bombas helicoidales excéntricas se deben utilizar bajos índices de revoluciones, mientras que para el accionamiento de bombas de turbina, o bien propulsor, se pueden proporcionar índices de revoluciones elevados. La adaptación del índice de revoluciones, o bien de la frecuencia de la corriente de accionamiento, también se puede utilizar para adaptar la bomba al respectivo medio a transportar, en donde viscosidades diferentes pueden llevar a diferentes requisitos de índice de revoluciones.

El documento US 6 457 950 B1 divulga una bomba de husillo helicoidal para el transporte de fluidos multifásicos.

40 Por lo tanto, la invención toma como base la tarea de reducir los costes, o bien el gasto técnico para la puesta a disposición de una bomba de husillo helicoidal.

La tarea se soluciona mediante un procedimiento para el transporte de un fluido mediante una bomba de husillo helicoidal que presenta las características de la reivindicación independiente 1.

45 Como se explicará más detalladamente a continuación, se puede conseguir una reducción de la potencia de accionamiento necesaria para el transporte de fluidos con contenido de gas elevado frente a la potencia de accionamiento necesaria para el transporte de líquidos puros, en especial con índices de revoluciones relativamente elevados de la bomba de husillo helicoidal. Para alcanzar índices de revoluciones suficientemente elevados con bombas de construcción relativamente reducida, es ventajoso hacer funcionar el motor asíncrono en el denominado intervalo de debilitamiento de campo, en el que una tensión máxima que se utiliza para aplicar corriente a los bobinados del motor asíncrono no es suficiente para alcanzar corrientes máximas y, por consiguiente, intensidades de campo máximas en el motor asíncrono debido a la inductividad de las bobinas. Esto se utiliza en el procedimiento según la invención reduciéndose la frecuencia nominal en el cumplimiento de la condición de modificación de frecuencia, de

modo que resulta un debilitamiento de campo débil o al menos menor y, por consiguiente, se puede proporcionar un momento de giro más elevado con la misma potencia. Por consiguiente, el motor asíncrono se puede dimensionar de modo que, a la primera frecuencia nominal, proporcione un momento de giro suficientemente elevado para transportar un fluido con una fracción de gas elevada, a modo de ejemplo de al menos 90 %, o bien una fracción de líquido correspondiente de 10 % como máximo. Si por medio de la magnitud de medición se determina que la fracción de líquido del fluido es demasiado elevada, la frecuencia nominal se debe reducir por medio del cumplimiento de la condición de modificación de frecuencia, con lo que se puede proporcionar un momento de giro suficientemente elevado para transportar también un fluido con una fracción de líquido más elevada, a modo de ejemplo un líquido puro. Por consiguiente, el motor asíncrono y/o su abastecimiento de corriente se pueden dimensionar menores, esencialmente con la misma potencia de transporte, de lo que sería posible sin la reducción de frecuencia nominal según la invención.

La respectiva frecuencia nominal se puede proporcionar en un control de motor, o bien un convertidor de frecuencia, que aplica corriente al motor asíncrono. La frecuencia nominal puede predeterminar el índice de revoluciones nominal del motor asíncrono en función del número de pares de polos del motor asíncrono. Para alcanzar de hecho el índice de revoluciones nominal a pesar del deslizamiento producido en motores asíncronos, la frecuencia de la corriente alterna suministrada al motor asíncrono se debe situar por encima de la frecuencia nominal, a modo de ejemplo debido a un retorno de índice de revoluciones o un desplazamiento predeterminado. Alternativamente, la frecuencia nominal también se puede utilizar inmediatamente como frecuencia de la corriente alterna suministrada al motor asíncrono, con lo cual el índice de revoluciones del motor asíncrono alcanzado de hecho es algo menor que el índice de revoluciones nominal debido al deslizamiento.

Frente a un procedimiento alternativo para el transporte de un fluido, en el que se efectuaría en principio un funcionamiento con la segunda frecuencia nominal más reducida independientemente de la magnitud de medición, mediante el procedimiento según la invención se obtienen varias ventajas. Por una parte, mediante utilización de la primera frecuencia nominal, siempre que no se cumpla la condición de modificación de frecuencia, resulta un índice de revoluciones más elevado del motor asíncrono y, por consiguiente, también del husillo de accionamiento frente a un funcionamiento con la segunda frecuencia nominal y, por consiguiente, también una potencia de transporte más elevado de la bomba de husillo helicoidal con diseño idéntico por lo demás. Esto es especialmente ventajoso cuando la condición de modificación de frecuencia se cumple solo durante una fracción de tiempo de funcionamiento, ya que en este caso, mediante el procedimiento según la invención, se obtiene la misma cantidad de transporte con una utilización continua de la primera frecuencia nominal y un diseño correspondientemente adaptado del motor asíncrono. A modo de ejemplo, en casos de aplicación en los que se transportan obturaciones de líquido solo rara vez, o bien durante periodos de tiempo cortos y, por lo demás, se presenta una fracción de gas elevada, el procedimiento según la invención alcanza casi la misma potencia de transporte que se obtiene mediante un motor asíncrono de diseño correspondientemente mayor, que se acciona siempre con la primera frecuencia nominal.

Como ya se ha explicado, la utilización de un índice de revoluciones relativamente elevado posibilita una clara reducción de la potencia de accionamiento necesaria en el caso de un transporte de un fluido con fracción de gas elevada frente al transporte de líquidos puros. Una reducción permanente de la frecuencia nominal utilizada y, por consiguiente, del índice de revoluciones, sería desfavorable respecto a la potencia necesaria cuando una gran parte del tiempo de funcionamiento se transportan fluidos con fracción de líquido muy reducida.

En el procedimiento según la invención, durante el funcionamiento de la bomba de husillo helicoidal, aparte de fases de arranque y parada, una reducción de la frecuencia nominal frente a la primera frecuencia nominal se puede efectuar en especial exclusivamente con, o tras cumplimiento de la condición de modificación de frecuencia. El registro de la variable de medición y la prueba de la condición de modificación de frecuencia se repite preferentemente, en especial de manera periódica. En especial, también después del cambio a la segunda frecuencia nominal, o bien tras cumplimiento de la condición de modificación de frecuencia, la magnitud de medición se puede supervisar y se puede evaluar una condición de modificación de frecuencia adicional con, o bien tras cuyo cumplimiento se efectúa un cambio de retorno a la primera frecuencia nominal.

Expresado de otro modo, un dispositivo de control puede hacer funcionar el motor asíncrono con la primera frecuencia nominal en un primer modo de funcionamiento y con la segunda frecuencia nominal en un segundo modo de funcionamiento, en donde en función de la magnitud de medición, es decir, en especial en el caso de cumplimiento de la condición de modificación de frecuencia, o bien de otras condiciones de modificación de frecuencia, se cambia entre los modos de funcionamiento.

La corriente alterna utilizada para el funcionamiento del motor asíncrono puede ser en especial una corriente de giro, o bien una corriente alterna trifásica con un desplazamiento de fase en especial de 120° entre las fases. Los diferentes polos del motor asíncrono se suministran con corriente mediante las diferentes fases de la corriente alterna multifásica.

La magnitud de medición se puede referir a un momento de giro aplicado mediante la máquina asíncrona o una intensidad de corriente de una corriente alterna suministrada a la máquina asíncrona o un índice de revoluciones de

la máquina asíncrona. En el caso de una fracción de líquido más elevada en el fluido transportado, la rotación del husillo de accionamiento y, por consiguiente del motor asíncrono, contrarresta un mayor momento de giro de frenado. Esto conduce en primer lugar a un frenado del husillo de accionamiento y, por consiguiente, del motor asíncrono, que se puede detectar mediante supervisión del índice de revoluciones.

- 5 Al mismo tiempo, esta reducción del índice de revoluciones conduce a un mayor deslizamiento de la máquina asíncrona. Dado que las máquinas asíncronas se hacen funcionar típicamente por encima del punto de inflexión, tal aumento de deslizamiento conduce a una elevación del momento de giro de la máquina asíncrona y, por consiguiente, también a una mayor intensidad de corriente de la corriente alterna, en especial a una corriente activa más elevada. El momento de giro aplicado se puede registrar, a modo de ejemplo, a través de un sensor de momento de giro. La intensidad de corriente, o bien la intensidad de una corriente activa se puede registrar mediante un sensor de corriente. A este respecto se puede aprovechar en especial que los convertidores de frecuencia, es decir, convertidores de tensión, o bien corriente, suelen proporcionar ya una información referente a la intensidad de corriente, a modo de ejemplo una tensión proporcional a la corriente activa, en una salida separada, con lo cual la magnitud de medición se puede registrar, por ejemplo, mediante el muestreo de tal salida.
- 10
- 15 De manera complementaria o alternativa al registro indirecto de la fracción de líquido explicado anteriormente a través de estas magnitudes de medición independientes, que se refieren a parámetros de la máquina asíncrona, directamente también se puede registrar y evaluar al menos un parámetro de fluido como la magnitud de medición, a modo de ejemplo una conductividad eléctrica, una conductividad térmica, una conductividad de temperatura o una densidad del fluido transportado.
- 20 Los enfoques para la detección de magnitudes de fluido correspondientes son conocidos en principio en el estado de la técnica y se pueden utilizar en el procedimiento según la invención para calcular la fracción de líquido, o bien evaluar la misma como magnitud de medición en el ámbito de la condición de modificación de frecuencia.

El cambio de la primera frecuencia nominal a la segunda frecuencia nominal se puede efectuar continuamente o en varias etapas durante un intervalo de tiempo tras el cumplimiento de la condición de modificación de frecuencia. De manera complementaria o alternativa, el cambio de la primera a la segunda frecuencia nominal se puede efectuar mediante un circuito de regulación que regula la magnitud de medición a un valor predeterminado. Mediante una modificación continua, o al menos de varias etapas, de la frecuencia nominal se evitan cambios repentinos del momento de giro, que pueden conducir a fuertes cargas mecánicas de componentes de la bomba de husillo helicoidal. A modo de ejemplo, la frecuencia nominal se puede predeterminar mediante un procesamiento de señal digital, a modo de ejemplo mediante un microcontrolador, que modifica la frecuencia nominal a modo de rampa de manera pseudocontinua en el caso de cumplimiento de la condición de modificación de frecuencia.

25

30

Como circuito de regulación para la regulación de la frecuencia nominal como variable se pueden utilizar reguladores habituales, a modo de ejemplo reguladores integrales o reguladores integrales proporcionales. Si el correspondiente circuito de regulación se configura de modo que no se pueda sobrepasar la primera frecuencia nominal, es decir, si la regulación se satura a la primera frecuencia nominal, el cumplimiento de la condición de modificación de frecuencia corresponde a un estado del regulador en el que se sobrepasa la primera frecuencia nominal y, por consiguiente, el comportamiento de regulación no está saturado. La utilización de un circuito de regulación posibilita en especial la regulación de una frecuencia nominal apropiada en función de la fracción de líquido efectiva, o bien de su efecto sobre el momento de giro necesario aplicado para el mantenimiento de un índice de revoluciones.

35

Según la invención, la primera frecuencia nominal al menos 10 % o al menos 20 % mayor que la frecuencia base de la máquina asíncrona, a la que comienza el intervalo de debilitamiento de campo con una tensión de funcionamiento máxima dada. Además, la primera frecuencia nominal debe ser como máximo 30 % o como máximo 40 % mayor que la frecuencia base. La primera frecuencia nominal se utiliza en el funcionamiento de regulación de la bomba de husillo helicoidal. Como ya se explicó inicialmente, en especial para el transporte de fluidos con fracción de líquido reducida y, por consiguiente, con fracción de gas elevada, puede ser ventajoso utilizar índices de revoluciones relativamente grandes y, por consiguiente, hacer funcionar la máquina asíncrona en el intervalo de debilitamiento de campo, es decir, por encima de la frecuencia base, que también se denomina punto tipo. No obstante, el momento de giro alcanzado es aproximadamente proporcional al cuadrado del cociente de frecuencia base y frecuencia nominal, de modo que en el caso de un rebasamiento demasiado fuerte de la frecuencia base por parte de la frecuencia nominal resultarían momentos de giro muy reducidos. Por lo tanto, los límites indicados anteriormente han demostrado ser ventajosos para la primera frecuencia nominal.

40

45

50

De manera complementaria o alternativa, la segunda frecuencia nominal puede ser mayor o igual que la frecuencia base. Esta selección de la segunda frecuencia nominal es ventajosa, ya que las tensiones alimentadas al motor asíncrono se deben reducir para evitar corrientes demasiado grandes y, por consiguiente, un daño potencial del motor asíncrono en el caso de una reducción de la frecuencia nominal por debajo de la frecuencia base. No obstante, de ello resulta típicamente un momento de giro constante por debajo de la frecuencia base, con lo cual una reducción adicional de la frecuencia nominal por debajo de la frecuencia base no ofrecería ventajas adicionales y al mismo tiempo se

55

reduciría la potencia de transporte de la bomba de husillo helicoidal.

La frecuencia base, o bien el punto tipo, puede corresponder a la frecuencia de la red de 50 Hz o 60 Hz, de modo que, por ejemplo, en el caso de dos pares de polos con un funcionamiento de red resultaría un índice de revoluciones síncrono de 1500 rpm, o bien 1800 rpm. El punto de funcionamiento, o bien la primera frecuencia nominal, se puede seleccionar, a modo de ejemplo, como 70 Hz, de modo que en el funcionamiento normal, es decir, en el caso de fracción de líquido no demasiado elevada, resulta un índice de revoluciones síncrono de 2100 rpm.

En el procedimiento según la invención, se puede utilizar una bomba de husillo helicoidal que presenta una carcasa, que forma al menos una entrada de fluido y una salida de fluido y en la que están alojados al menos un husillo de accionamiento y al menos un husillo de rodadura de la bomba de husillo helicoidal acoplado rotacionalmente con este, que limitan conjuntamente varias cámaras de bombeo en cada posición de rotación del husillo de accionamiento, en donde el husillo de accionamiento se hace rotar mediante la máquina asíncrona en un sentido de accionamiento, mediante lo cual se cierra una de las respectivas cámaras de bombeo, primeramente abierta a la respectiva entrada de fluido, la cámara de bombeo cerrada resultante se mueve axialmente respecto a la salida de fluido y se abre en esta al alcanzar un ángulo de rotación de apertura respecto a la salida de fluido, en donde el husillo de accionamiento se acciona al menos antes del cumplimiento de la condición de cambio de frecuencia de tal manera que, en el caso de una fracción de líquido situada por debajo de un valor límite, con geometría de bomba dada de la bomba de husillo helicoidal, la presión en la respectiva cámara de bombeo antes y/o después de alcanzar el ángulo de rotación de apertura frente a la presión de succión de la bomba de husillo helicoidal, que se presenta en la zona de la respectiva entrada de fluido, se aumenta como máximo 20 % o como máximo 10 % de una diferencia de presión entre la presión de succión y la presión en la zona de la salida de fluido. Esto se puede considerar, por ejemplo, hasta un valor límite para la fracción de líquido de 1 % o 3 % o 5 % o 10 % o 15 % o también hasta un valor límite situado entre los valores indicados.

Se identificó que, mediante adaptación apropiada de la geometría de la bomba y/o del índice de revoluciones de la bomba, se puede reducir una recirculación de fluido a través de ranuras remanentes entre las cámaras de bombeo en tal medida que la parte predominante del aumento de presión generado mediante la bomba de husillo helicoidal se efectúa solo tras la apertura de la respectiva cámara de bombeo a la salida de fluido. En el caso de índice de revoluciones suficiente, o bien geometría de bomba apropiada, a este respecto se puede partir al menos aproximadamente de que el líquido que se encuentra ya en la zona de la salida de fluido no fluya esencialmente a la cámara de bombeo que se abre debido a su inercia, sino que, en su lugar, se puede considerar aproximadamente como una pared rígida, contra la cual se compacta la mezcla de gas-líquido. Siempre que el fluido presente una fracción de gas elevada en la cámara que se abre, se alcanza un buen grado de acción análogamente a compresores de gas, que transportan gas contra una pared rígida de la carcasa. No obstante, en contrapartida a estos compresores de gas también se pueden transportar fluidos con una fracción de líquido muy elevada, o bien líquidos puros.

Antes de alcanzar el ángulo de rotación de apertura, la respectiva cámara de bombeo está hermetizada de la misma manera hacia la entrada de fluido, o bien en la dirección de la cámara de bombeo adyacente a la entrada de fluido, y hacia la salida de fluido, aparte de desviaciones debidas a la tolerancia. Por consiguiente, en ambas direcciones es esencialmente posible un intercambio de fluido solo a través de las ranuras radiales y axiales de la bomba. La apertura de la cámara de bombeo hacia la salida de fluido al alcanzar el ángulo de rotación de apertura resulta del hecho de que la marcha que forma la cámara de bombeo del respectivo husillo, o bien la pared que limita el respectivo paso hacia la salida de fluido termina en una posición angular determinada, que depende del ángulo de rotación del husillo. Esto conduce a que, a partir de un cierto ángulo límite, resulta una ranura en sentido circunferencial entre esta pared y otro husillo, que limita la cámara de bombeo. A través de esta ranura en sentido circunferencial, la cámara de bombeo está abierta hacia la salida de fluido. Por consiguiente, el ángulo de rotación de apertura se puede definir como el ángulo a partir del cual resulta una ranura en sentido circunferencial adicionalmente a las ranuras axiales, o bien radiales. Alternativamente, el ángulo de rotación de apertura se puede definir a través de una sección transversal de circulación que posibilita un intercambio de fluido entre cámara de bombeo y salida de fluido. Si esta sección transversal de circulación se aumenta en 50 % o 100 % o 200 % frente a la cámara de bombeo cerrada, la consecución de este límite se puede definir como consecución del ángulo de rotación de apertura.

La bomba de husillo helicoidal utilizada puede ser de flujo simple o doble, es decir, presentar una o dos entradas de fluido opuestas en dirección axial. La bomba de husillo helicoidal puede presentar dos, tres o más husillos. Los husillos individuales pueden ser, a modo de ejemplo, de dos pasos. No obstante, algunos husillo o en su totalidad también pueden ser de un paso o de tres pasos, o también presentar más pasos.

El perfil helicoidal del respectivo husillo de accionamiento y del husillo de rodadura se pueden seleccionar de modo que el valor medio del número de cámaras de bombeo por husillo de accionamiento y husillo de rodadura, que están cerrados tanto frente a la entrada de fluido como frente a la salida de fluido, sea como máximo 1,5 sobre un ángulo de rotación del husillo de accionamiento de 360 °. A modo de ejemplo, si se utiliza exactamente un husillo de accionamiento y exactamente un husillo de rodadura, en media pueden estar completamente cerrados un máximo de tres cámaras de bombeo. El valor medio se puede calcular, a modo de ejemplo, mediante integración del número de

cámaras cerradas para un respectivo ángulo de rotación del husillo de accionamiento sobre el ángulo de 360° subsiguiente división del resultado por 360° . En el caso de índice de revoluciones constante, esto corresponde a una integración del número de cámaras de bombeo cerradas simultáneamente durante un periodo de rotación del husillo de accionamiento y una división entre el periodo de rotación.

5 Mientras que en el caso de bombas de husillo helicoidal es deseable una utilización de un número relativamente elevado de cámaras de bombeo sucesivas axialmente para el transporte de líquido, en el ámbito de la invención se identificó que, mediante utilización de un número relativamente reducido de cámaras cerradas simultáneamente con longitud reducida del perfil helicoidal resulta un mayor volumen para las cámaras de bombeo individuales. Por consiguiente, la misma cantidad de líquido recirculante a través de las ranuras de la bomba conduce a una modificación
10 relativamente menor del volumen remanente para la fracción de gas, mediante lo cual resulta una menor compresión de gas y, por consiguiente, un menor aumento de presión antes de la apertura de la cámara de bombeo hacia la salida de fluido.

15 La geometría de bomba de la bomba de husillo helicoidal y el índice de revoluciones nominal a la primera frecuencia nominal se pueden seleccionar de modo que la velocidad circunferencial en el diámetro exterior del perfil del husillo de accionamiento o al menos de uno de los husillos de accionamiento y/o de los husillos de rodadura o al menos de uno de los husillos de rodadura sea al menos 15 m/s. Esto se puede considerar en especial para todos los husillos de accionamiento y rodadura. La velocidad circunferencial se puede calcular como producto del diámetro exterior del perfil, el índice de revoluciones nominal y π . El índice de revoluciones nominal puede ser proporcional a la frecuencia nominal, en donde el factor de proporcionalidad está predeterminado por el número de pares de polos de la máquina
20 asíncrona. Por consiguiente, la condición indicada se puede conseguir en especial en el caso de utilización de índices de revoluciones elevados, o bien grandes diámetros exteriores de perfil. De este modo se puede reducir la contribución de líquido recirculante a través de ranuras en la compresión de gas y conseguir así un grado de acción más elevado en el caso de fracciones de gas elevadas.

25 De manera complementaria o alternativa, la geometría de la bomba y el índice de revoluciones teórico a la primera frecuencia nominal se deben seleccionar de modo que la velocidad axial de la respectiva cámara de bombeo en el caso de movimiento axial hacia la salida de fluido es al menos 4 m/s. La velocidad axial depende tanto de la pendiente del paso, o bien de los pasos del respectivo husillo como del índice de revoluciones. Expresado de otro modo, se pueden alcanzar velocidades axiales elevadas mediante índices de revoluciones elevados y/o pendientes elevadas, o bien cámaras de bombeo relativamente grandes. Todos estos factores conducen a una reducción de la influencia del líquido recirculante sobre la presión en la cámara de bombeo y, por consiguiente, a la ganancia de eficiencia explicada.
30

Además del procedimiento según la invención, la invención se refiere a una bomba de husillo helicoidal para el transporte de un fluido, que presenta una carcasa, en la que están alojados al menos un husillo de accionamiento y al menos un husillo de rodadura de la bomba de husillo helicoidal acoplado rotacionalmente con este, un motor asíncrono para el accionamiento del husillo de accionamiento y un dispositivo de control para la aplicación de corriente al motor
35 asíncrono, en donde el dispositivo de control está configurado para la realización del procedimiento según la invención. El dispositivo de control hace funcionar el motor asíncrono con la primera frecuencia nominal en un primer estado de funcionamiento y con la segunda frecuencia nominal en un segundo estado de funcionamiento. A través de sensores internos o externos, que ya se explicaron anteriormente, el dispositivo de control registra la magnitud de medición y se hace funcionar en el primer o segundo modo de funcionamiento en función de la magnitud de medición. En el caso de cumplimiento de la condición de modificación de frecuencia dependiente de la magnitud de medición, se efectúa un cambio al segundo modo de funcionamiento.
40

La bomba de husillo helicoidal según la invención se puede perfeccionar con las características explicadas para el procedimiento según la invención con las ventajas citadas en el mismo.

45 En especial, la carcasa puede formar al menos una entrada de fluido y una salida de fluido, en donde el husillo de accionamiento y el husillo de rodadura en cada posición de rotación del husillo de accionamiento junto con la carcasa limitan varias cámaras de bombeo, en donde la máquina asíncrona está configurada para hacer rotar el husillo de accionamiento en una dirección de accionamiento, mediante lo cual se cierra una de las respectivas cámaras de bombeo, primeramente abierta respecto a la respectiva entrada de fluido, la cámara de bombeo cerrada resultante se mueve axialmente respecto a la salida de fluido y se abre en esta al alcanzar un ángulo de rotación de apertura
50 respecto a la salida de fluido, en donde el perfil helicoidal del respectivo husillo de accionamiento y del husillo de rodadura se seleccionan de modo que el valor medio del número de cámaras de bombeo por husillo de accionamiento y husillo de rodadura, que están cerrados tanto frente a la entrada de fluido como frente a la salida de fluido, es como 1,5 en el caso de un ángulo de rotación del husillo de accionamiento de 360° .

55 En la bomba de husillo helicoidal según la invención, por una parte el diámetro interior del perfil helicoidal del husillo de accionamiento o al menos de uno de los husillos de accionamiento o al menos de uno de los husillos de rodadura puede ser menos de 0,7 veces el diámetro exterior del respectivo perfil helicoidal y/o por otra parte la ranura circunferencial media entre el borde exterior del perfil helicoidal del husillo de accionamiento o al menos de uno de los

husillos de accionamiento y/o del husillo de rodadura o al menos de uno de los husillos de rodadura y la carcasa puede ser menos de 0,002 veces el diámetro exterior del respectivo perfil helicoidal. Mediante una diferencia relativamente grande entre diámetro interior y exterior se puede conseguir un gran volumen de cámara de bombeo, mediante lo cual la misma cantidad de líquido recirculante conduce a un menor aumento de presión en la cámara de bombeo y, por consiguiente, son necesarias menores potencias en el caso de fracciones de gas elevadas en el fluido. Ranuras relativamente estrechas pueden limitar la cantidad de fluido recirculante de manera complementaria o alternativa y, por consiguiente, contribuir asimismo a la elevada eficiencia en el transporte de fluido con fracción de gas elevada. En especial, se puede considerar ranura circunferencial media el valor medio de la anchura de la ranura circunferencial a lo largo de la longitud de la ranura circunferencial. De manera complementaria, se puede efectuar un promedio a través de una rotación en el husillo de accionamiento de 360° para considerar variaciones de la ranura circunferencial con la rotación del husillo.

Otras ventajas y particularidades de la presente invención resultan de los ejemplos de realización descritos a continuación, así como de los correspondientes dibujos. A este respecto, muestran esquemáticamente:

- la Fig. 1 un ejemplo de realización de una bomba de husillo helicoidal según la invención,
- la Fig. 2 potencias y momentos de giro dependientes de la frecuencia nominal para dos motores asíncronos,
- la Fig. 3 un diagrama de flujo de un ejemplo de realización del procedimiento según la invención y
- las Figs. 4 y 5 vistas en detalle de la bomba de husillo helicoidal mostrada en la Fig. 1.

La Fig. 1 muestra esquemáticamente una bomba de husillo helicoidal 1 para el transporte de un fluido 45 de una entrada de fluido 3 a una salida de fluido 4. Para el transporte del fluido 45, en la carcasa 2 de la bomba de husillo helicoidal 1 está dispuesto un husillo de accionamiento 5 accionado mediante un motor asíncrono 10 y un husillo de rodadura 6 acoplado con este a través de un engranaje 26. Por motivos de claridad, se representa una bomba de husillo helicoidal 1 de configuración relativamente sencilla, que es de flujo único, es decir, presenta solo una entrada de fluido 3, y en el que se utiliza solo un husillo de rodadura 6. No obstante, las siguientes explicaciones se pueden transferir también a bombas de husillo helicoidal de varios flujos, o bien bombas de husillo helicoidal con más de dos husillos, a modo de ejemplo con varios husillos de rodadura o incluso con varios husillos de accionamiento.

En el caso de las bombas de husillo helicoidales habituales, como ya se ha explicado en la parte de descripción general, para el transporte de líquidos y gases se requiere al menos aproximadamente el mismo momento de giro y, por consiguiente, también la misma potencia del motor asíncrono 10. En la Fig. 2 se muestra la relación entre el momento de giro 31, o bien la potencia 32, y el índice de revoluciones para tal diseño habitual de una bomba de husillo helicoidal. En esta, el eje X muestra el índice de revoluciones en revoluciones por minuto (rpm), el eje Y izquierdo 28 muestra el momento de giro en Newton metro (Nm) y el eje Y derecho 29 muestra la potencia en kilovatios (kW).

En el ámbito del perfeccionamiento de bombas correspondientes se determinó que, mediante selección apropiada de la geometría de la bomba y del índice de revoluciones de la bomba de husillo helicoidal 1, como se explicará a continuación con relación a las Figs. 4 y 5, se puede conseguir que, en el caso de un transporte de un fluido 45 con fracción de gas elevada y, por consiguiente, con fracción de líquido reducida, sean necesarios momentos de giro claramente más reducidos. Por lo tanto, para el transporte de un fluido 45 con fracción de gas elevada se puede utilizar un motor asíncrono 10 de dimensiones menores. También para este motor asíncrono 10 de dimensiones menores, en la Fig. 2 se representa la relación entre el índice de revoluciones representado en el eje X 27 y el momento de giro 34 alcanzado, o bien la potencia 35 necesaria. Los índices de revoluciones representados en la Fig. 2 son respectivamente índices de revoluciones nominales. Además, en la Fig. 2 se marcan los índices de revoluciones nominales alcanzados a una respectiva frecuencia nominal 37, 38. A modo de ejemplo, si se utiliza una máquina asíncrona 10 con dos pares de polos, una primera frecuencia nominal 37 de 70 Hz corresponde a un índice de revoluciones nominal de 2100 rpm.

Si ahora se diseña la bomba de husillo helicoidal 1, a modo de ejemplo, para un índice de revoluciones nominal de 2100 rpm y, por consiguiente, para una correspondiente cantidad de transporte y, a este respecto, se parte de que se transporta fluido con fracción de gas elevada, en lugar del momento de giro necesario 30, que sería necesario para un transporte de líquido, resulta un momento de giro necesario 33. Correspondientemente, también es necesaria una menor potencia de la máquina asíncrona 10, en donde según geometría, índice de revoluciones y proporción de líquido se pueden obtener diferencias de potencia 36 de hasta 25 % de la potencia 32 en el caso de transporte de líquido puro.

En el caso de transporte de mezclas multifásicas, típicamente no se puede partir de una mezcla homogénea, de modo que la bomba de husillo helicoidal 1 se debe diseñar de modo que pueda transportar al menos provisionalmente un fluido 45 con una fracción de líquido de hasta 100 %. En el más sencillo de los casos, sería posible diseñar la máquina

5 asíncrona 10 de modo que, a la primera frecuencia nominal 37 utilizada, pudiera proporcionar un momento de giro 30 suficientemente elevado para poder transportar también líquidos puros. La posibilidad de transportar un fluido 45 con fracción de gas elevada con menor potencia, en este caso se reduciría ciertamente la demanda de energía y, por consiguiente, los costes de funcionamiento de la bomba de husillo helicoidal 1, pero el gasto técnico y los costes de adquisición permanecerían invariables, ya que el motor asíncrono 10 debe presentar las mismas dimensiones que para una bomba de husillo helicoidal que sirva para el transporte de líquido puro.

10 Para posibilitar también una utilización de un motor asíncrono 10 de menores dimensiones, en la bomba de husillo helicoidal 1 se utiliza en su lugar un dispositivo de control 19 para la puesta a disposición de corriente alterna 42 para la máquina asíncrona 10, que implementa el procedimiento de control explicado a continuación con relación a la Fig. 3.

A este respecto, en el paso S1, el motor asíncrono 10 se hace funcionar con una primera frecuencia nominal 37. A este respecto, en el ámbito de la explicación del procedimiento se parte de que en primer lugar se requiere una mezcla de gas-líquido con fracción de gas relativamente elevada, de modo que el momento de giro 33 alcanzado es suficiente para un mantenimiento del índice de revoluciones deseado.

15 Para la puesta a disposición de la tensión alterna 42, a modo de ejemplo una corriente alterna 43 proporcionada, en especial una corriente de giro, se puede rectificar en primer lugar mediante un rectificador 20 para poner a disposición una corriente continua 44, que se transforma a continuación en la corriente alterna 42, en especial asimismo en una corriente de giro, mediante un inversor 21. El inversor 21 puede poner a disposición, a modo de ejemplo con ayuda de una modulación de ancho de pulso, una tensión alterna 42 a través de un intervalo de frecuencia adicional de
20 frecuencias nominales y también variar la amplitud de tensión. Por consiguiente, el procedimiento en el paso S1 corresponde al procedimiento habitual para la puesta a disposición de corriente alterna para un motor asíncrono, tan pronto se desee una frecuencia nominal diferente de la tensión de red.

25 En el paso S2, mediante un miembro de medición y control 22 se registra una magnitud de medición 46, que depende de una fracción de líquido del fluido. Si la fracción de líquido del fluido 45 aumenta, esto conduce a un momento de frenado más fuerte sobre el husillo de accionamiento y rodadura 5, 6 y, por consiguiente, sobre la máquina asíncrona 10, mediante lo cual se reduce el índice de revoluciones de la máquina asíncrona 10. Esto conduce a su vez a un mayor deslizamiento y, por consiguiente, al menos mientras no se haya alcanzado aún el punto de inflexión de la máquina asíncrona, a un momento de giro proporcionado por la máquina asíncrona 10 más elevado y a intensidades de corriente más elevadas de la corriente alterna suministrada a la máquina asíncrona 10.

30 Por consiguiente, una posibilidad sencilla de registrar una magnitud de medición es un sensor de corriente 23 que mide una intensidad de corriente de la corriente alterna 42. Para la representación clara, este se representa como componente separado en la Fig. 1. Sin embargo, en muchos casos, el inversor 21, o bien generalmente el convertidor de frecuencia que proporciona la corriente alterna 42 puede proporcionar ya una señal de salida, en especial una
35 tensión, que es proporcionar a la intensidad de corriente, de modo que la magnitud de medición se puede registrar, a modo de ejemplo, mediante conversión analógica-digital de esta tensión.

Alternativamente, como magnitud de medición también se puede registrar, a modo de ejemplo, un índice de revoluciones o un momento de giro a través de un sensor 24 situado en la zona del eje de transmisión o un valor de medición de un sensor de fluido 25, que mide, a modo de ejemplo, una conductividad eléctrica o una conductividad térmica del fluido 45.

40 En el paso S3 se evalúa una condición de modificación de frecuencia 47, que depende de la magnitud de medición 46. La condición de modificación de frecuencia se puede cumplir si la magnitud de medición sobrepasa, o bien cae por debajo de un valor límite predeterminado. A modo de ejemplo, la condición de modificación de frecuencia 47 se puede cumplir si un momento de giro aplicado por la máquina asíncrona o una intensidad de corriente de la corriente alterna suministrada a la máquina asíncrona sobrepasa un valor límite o un índice de revoluciones real cae de la
45 máquina asíncrona cae por debajo de un valor límite. Si no se cumple la condición de modificación de frecuencia 47, el procedimiento se puede repetir desde el paso S1, en donde en especial se pueden repetir el registro de la magnitud de medición y la prueba de condición de modificación de frecuencia.

50 Por el contrario, tras cumplimiento de la condición de modificación de frecuencia 47, en el paso S4, el motor asíncrono 10 se hace funcionar con una segunda frecuencia nominal 38 reducida frente a la primera frecuencia nominal 37. La modificación de la secuencia nominal se puede efectuar a través de un intervalo de tiempo 50 para evitar modificaciones del momento de giro repentinas. Como se representa en la Fig. 2, mediante utilización de la segunda frecuencia nominal 38 más reducida se puede alcanzar un momento de giro 39 que, en el ejemplo mostrado, corresponde al momento de giro 30 que sería necesario para un transporte de fluido puro con el índice de revoluciones de 2100 rpm utilizado originalmente. A este respecto, de manera simplificada se parte de que el momento de giro
55 necesario para el mantenimiento del índice de revoluciones es independiente del índice de revoluciones. En bombas de husillo helicoidal, típicamente se requiere también un momento de giro más reducido para el mantenimiento de

índices de revoluciones más reducidos en el caso de índices de revoluciones no demasiado reducidos, de modo que la segunda frecuencia nominal 38 también se podría seleccionar ligeramente más elevada, como se representa en la Fig. 2.

5 El aumento de momento de giro descrito, basado en la demanda, es posible ya que la primera y la segunda frecuencia nominal 37, 38 se sitúan en el intervalo de debilitamiento de campo 40 de la máquina asíncrona 10, es decir, en un intervalo en el que, debido a una tensión de funcionamiento máxima limitada, que se puede poner a disposición mediante el dispositivo de control 19, o bien se puede suministrar a la máquina asíncrona 10, en las bobinas de la máquina asíncrona 10 ya no se pueden alcanzar las corrientes máximas ni, por consiguiente, las intensidades de campo máximas. Para la consecución de eficiencias elevadas para un transporte de fluidos con fracción de gas elevada es ventajoso utilizar índices de revoluciones relativamente elevados del husillo de accionamiento y de rodadura y, por consiguiente, de la máquina asíncrona 10. Para obtener simultáneamente una bomba de construcción reducida, típicamente es ventajoso utilizar frecuencias nominales en el intervalo de debilitamiento de campo 40, es decir, por encima de la frecuencia base 41 de la máquina asíncrona 10 en el funcionamiento normal de una bomba de husillo helicoidal. En el ejemplo mostrado, para enfatizar más claramente el efecto descrito, se utiliza una primera frecuencia nominal 37 que se sitúa aproximadamente 40 % por encima de la frecuencia base 41. En el caso de implementaciones reales del procedimiento descrito, según el caso de aplicación concreto, son convenientes primeras frecuencias nominales 37 que se sitúan en 20 - 30 % por encima de la frecuencia base 41.

20 El funcionamiento de la máquina asíncrona 10 con corriente alterna 42 con la segunda frecuencia nominal 38 y, por consiguiente, con índice de revoluciones más reducido, típicamente se debe efectuar solo de manera temporal, a modo de ejemplo mientras se transporta una obturación de líquido. Por lo tanto, en el paso S5 se registra de nuevo una magnitud de medición 48, que depende de la fracción de líquido del fluido. A este respecto, se pueden registrar las mismas magnitudes que se explicaron ya respecto a la magnitud de medición 46.

25 En el paso S6 se evalúa una condición de modificación de frecuencia 49 adicional, con cuyo cumplimiento se efectúa un cambio de vuelta a la primera frecuencia nominal 37 y, por consiguiente, una continuación del procedimiento en el paso S1. Por el contrario, en el caso de incumplimiento de la condición de modificación de frecuencia adicional, el procedimiento se repite a partir del paso S4.

30 El procedimiento descrito se puede modificar también, a modo de ejemplo, utilizándose en lugar de la mencionada comparación de valor límite en el ámbito de la condición de modificación de frecuencia un circuito de regulación 51 como parte del miembro de medición y control 22, que intenta regular la magnitud de medición 46 a un valor predeterminado, en donde la frecuencia nominal 37, 38 sirve como magnitud de medición. A este respecto, esta variable se puede limitar de tal manera que no se pueda sobrepasar la primera frecuencia nominal, a modo de ejemplo estando previsto un miembro de saturación. En este caso, el incumplimiento de la condición de modificación de frecuencia corresponde a la saturación del circuito de regulación 51. Por consiguiente, siempre que no se exceda el intervalo de saturación de regulación, se emite como variable la primera frecuencia nominal.

35 Las Figs. 4 y 5 muestran diferentes vistas en detalle de una bomba de husillo helicoidal que, en el caso de un transporte de un fluido que es una mezcla de gas-líquido con fracción de líquido reducida, requiere claramente una potencia menor, a modo de ejemplo una potencia 25 % menor que en el caso de un transporte de un líquido. A este respecto, la Fig. 4 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva del husillo de accionamiento 5 y del husillo de rodadura 6 de la bomba de husillo helicoidal 1, en donde la carcasa no se representa por motivos de claridad. La Fig. 4 ilustra en especial la forma del perfil helicoidal del husillo de accionamiento 5 y del husillo de rodadura 6, así como su engranaje. La Fig. 5 muestra una sección frontal en la que se puede identificar en especial la interacción del husillo de accionamiento 5 y del husillo de rodadura 6 con la carcasa 2 para formar varias cámaras de bombeo 7, 8, 9 separadas, que están caracterizadas a su vez en la Fig. 4, ya que se extienden más allá del plano de corte mostrado en la Fig. 2.

45 Como ya se ha mostrado con relación a la Fig. 1, el husillo de rodadura 6 está acoplado rotacionalmente con el husillo de accionamiento 5 mediante un dispositivo de acoplamiento 26, en donde en el ejemplo se parte de una transmisión 1:1. Por consiguiente, en el caso de un accionamiento del eje de transmisión 5 a través del motor asíncrono 10 en la dirección de accionamiento 11, el husillo de rodadura 6 rota con sentido de giro inverso 12 y el mismo índice de revoluciones. El índice de revoluciones se predetermina mediante la selección de frecuencia nominal 37, 38 explicada anteriormente mediante el dispositivo de control 19.

50 Mediante el engranaje de los perfiles helicoidales del husillo de accionamiento 5 y del husillo de rodadura 6, el fluido que se encuentra en la carcasa 2 se aloja en varias cámaras de bombeo 7, 8, 9 separadas entre sí. La separación, o bien el cierre de las cámaras de bombeo 7, 8, 9 no es completamente hermética debido a la ranura radial 17 entre carcasa 2 y husillo de accionamiento 5, o bien husillo de rodadura 6, y debido a ranuras axiales remanentes entre sus perfiles helicoidales que engranan, sino que permite un cierto intercambio de fluido entre las cámaras de bombeo 7, 8, 9, que también se puede considerar fuga.

En la posición de rotación del husillo de accionamiento 5 y del husillo de rodadura 6 mostrada en la Fig. 4, la cámara

de bombeo 7 está abierta hacia la entrada de fluido 3, ya que el extremo libre 13 de la pared 15 del paso helicoidal del husillo de accionamiento 5 está orientado hacia arriba en la Fig. 1, con lo cual queda una ranura en dirección circunferencial entre este extremo libre 13 y el husillo de rodadura 6, a través de la cual el fluido puede circular entre la cámara de bombeo 7 y la entrada de fluido 3. Por consiguiente, la cámara de bombeo 8 marcada mediante punteado de su área exterior en la Fig. 4 está abierta hacia la salida de fluido 4, ya que el extremo libre 14 de la pared 15 que limita esta, debido a la posición de rotación, está distanciada a su vez del husillo de rodadura 6 y, por consiguiente, forma una ranura radial a través de la cual puede circular el fluido. La cámara de bombeo 9 está cerrada tanto frente a la entrada de fluido 3 como frente a la salida de fluido 4.

En el caso de un accionamiento del husillo de accionamiento 5 en la dirección de accionamiento 11, en primer lugar el extremo libre 13 de la pared 15 se mueve hacia el husillo de rodadura 6 y, por consiguiente, cierra la cámara de bombeo 7 abierta. Una rotación adicional conduce entonces al desplazamiento de la cámara de bombeo cerrada hacia la salida de fluido 4. En la consecución de un cierto ángulo de rotación de apertura, la cámara de bombeo se abre entonces hacia la salida de fluido 4, en donde, en el caso de una rotación en 90° tras la consecución del ángulo de rotación de apertura, resulta la disposición que se representa en la Fig. 1 para la cámara de bombeo 8, en la que resulta ya una ranura en dirección circunferencial con una cierta anchura entre el extremo libre 14 y el husillo de rodadura 6.

Se identificó que el consumo de potencia en el caso de un transporte de mezclas de gas-líquido con fracción de gas elevada se puede reducir considerablemente si se consigue que una compresión de gas en el transporte no se efectúe principalmente recirculándose el fluido de la salida de fluido, o bien de las cámaras de bombeo situadas aguas abajo, a las cámaras de bombeo cerradas y comprimiéndose el gas en estas, sino efectuándose la compresión del gas y, por consiguiente, también el aumento de presión en las cámaras de bombeo 7, 8, 9 esencialmente tras la apertura de la respectiva cámara de bombeo hacia la salida de fluido 4. En el ejemplo mostrado, esto se consigue por una parte mediante la selección de una geometría de bomba apropiada y por otra parte mediante utilización de un índice de revoluciones suficientemente elevado. De este modo se puede conseguir que la presión en la respectiva cámara de bombeo 7, 8, 9 antes de, o bien en la consecución del ángulo de rotación de apertura, se aumente frente a la presión de succión de la bomba de husillo helicoidal 1, que se presenta en la zona de la entrada de fluido 3, solo en un porcentaje de la presión diferencial entre la presión de succión y la presión en la zona de la entrada de fluido 4. A modo de ejemplo, la presión en la cámara de bombeo en la apertura se puede situar como máximo 10 % o como máximo 20 % de la presión diferencial por encima de la presión de succión.

En principio, el comportamiento descrito se puede conseguir únicamente mediante selección de un índice de revoluciones suficientemente elevado también con geometrías de bomba habituales, en donde los índices de revoluciones elevados necesarios podrían conducir a cargas elevadas, o bien a un desgaste elevado de la bomba bajo ciertas circunstancias. Por lo tanto, la bomba de husillo helicoidal 1 utiliza una geometría de bomba especial, en la que el comportamiento descrito se puede conseguir ya a índices de revoluciones relativamente reducidos, a modo de ejemplo ya a 1000 rpm o 1800 rpm. En especial, en lugar de la utilización de un gran número de cámaras de bombeo sucesivas en dirección axial habitual en bombas de husillo helicoidal, se utilizan relativamente pocas cámaras de bombeo, o bien órbitas de pasos helicoidales del husillo de accionamiento 5 y del husillo de rodadura 6. En la posición de rotación mostrada en la Fig. 4, solo exactamente una cámara de bombeo 9 está cerrada tanto hacia la entrada de fluido 3 como frente a la salida de fluido 4. Dependiendo de la configuración geométrica concreta de los extremos libres 13, 14 de la pared 15, a este respecto, independientemente del estado de rotación del husillo de accionamiento 5 y del husillo de rodadura 6, en el ejemplo mostrado puede resultar una o como máximo dos cámaras de bombeo cerradas simultáneamente.

Mediante la utilización de menos cámaras de bombeo sucesivas en dirección axial relativamente se consigue ya un volumen de cámaras de bombeo individuales, mediante lo cual la misma cantidad de un líquido recirculante en la respectiva cámara de bombeo a través de ranuras tiene una menor influencia sobre la presión en la cámara de bombeo. Para la consecución de un gran volumen de las cámaras de bombeo 7 a 9 es además ventajoso que el diámetro interior 16 del perfil helicoidal del husillo de accionamiento y rodadura 5, 6, como se puede identificar claramente en la Fig. 5, sea claramente menor, por ejemplo menor aproximadamente en el factor 2, que el diámetro exterior 18 del respectivo husillo.

Mediante utilización de una ranura radial 17 suficientemente estrecha entre la carcasa 2 y el respectivo diámetro exterior 18 del husillo de accionamiento 5, o bien del husillo de rodadura 6, también se puede reducir adicionalmente la cantidad de líquido recirculante en la respectiva cámara de bombeo 7, 8, 9. A modo de ejemplo, la ranura radial 25 puede ser más estrecha que dos milésimas del diámetro exterior 18.

Como se ha explicado, la geometría de bomba de la bomba de husillo helicoidal 1 interacciona con un índice de revoluciones suficientemente elevado para conseguir los efectos explicados anteriormente. A este respecto, en el caso de geometría de bomba dada, el índice de revoluciones se debe seleccionar de modo que la velocidad axial del movimiento de las respectivas cámaras de bombeo 7, 8, 9 hacia la salida de fluido 4 sea al menos 4 m/s y/o que la velocidad circunferencial en el perfil exterior 18 del husillo de accionamiento 5, o bien del husillo de rodadura 6 sea al

menos 15 m/s.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el transporte de un fluido a través de una bomba de husillo helicoidal (1), en donde al menos un husillo de accionamiento (5) de la bomba de husillo helicoidal (1) se impulsa mediante un motor asíncrono (10), en donde

- 5 - el motor asíncrono (10) se hace funcionar con una primera frecuencia nominal (37), en donde se transporta como fluido (45) una mezcla de gas-líquido, en donde la primera frecuencia nominal (37) es al menos 10 % o al menos 20 % mayor que la frecuencia base (41) del motor asíncrono (10), en el que comienza el intervalo de debilitamiento de campo (40) en el caso de tensión de funcionamiento máxima dada,
- 10 - se registra una magnitud de medición (46) dependiente de una fracción de líquido del fluido (45), y
- tras un cumplimiento de una condición de modificación de frecuencia (47) dependiente de la magnitud de medición (46), el motor asíncrono (10) se hace funcionar con una segunda frecuencia nominal (38) reducida frente a la primera frecuencia nominal (37).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la magnitud de medición (46) se refiere a un momento de giro o a una intensidad de corriente, aplicada mediante el motor asíncrono (10), de una corriente alterna (42) suministrada al motor asíncrono (10) o a un índice de revoluciones del motor asíncrono (10).

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el cambio de la primera frecuencia nominal (37) a la segunda frecuencia nominal (38) se efectúa continuamente y/o en varias etapas a través de un intervalo de tiempo tras cumplimiento de la condición de modificación de frecuencia (50) y/o por que el cambio de la primera a la segunda frecuencia nominal (37, 38) se efectúa mediante un circuito de regulación (51), que regula la magnitud de medición (46) a un valor predeterminado.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la primera frecuencia nominal (37) es como máximo 30 % o como máximo 40 % mayor que la frecuencia base (41) y/o por que la segunda frecuencia nominal (38) es mayor o igual que la frecuencia base (41).

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

- 25 caracterizado por que se utiliza una bomba de husillo helicoidal (1) que presenta una carcasa (2), que forma al menos una entrada de fluido (3) y una salida de fluido (4) y en la están alojados al menos un husillo de accionamiento (5) y al menos un husillo de rodadura (6) de la bomba de husillo helicoidal (1) acoplado rotacionalmente con este, que en cada posición de rotación del husillo de accionamiento (5) junto con la carcasa (2) limitan varias cámaras de bombeo (7, 8, 9), en donde el husillo de accionamiento (5) se hace
- 30 rotar mediante el motor asíncrono en una dirección de accionamiento (11), mediante lo cual se cierra una de las respectivas cámaras de bombeo (7, 8, 9), primeramente cerrada hacia la respectiva salida de fluido (4), la cámara de bombeo (7, 8, 9) cerrada resultante se mueve axialmente respecto a la salida de fluido (4) y se abre en esta al alcanzar un ángulo de rotación de apertura respecto a la salida de fluido (4), en donde el
- 35 husillo de accionamiento (5) se impulsa al menos antes del cumplimiento de la condición de cambio de frecuencia de tal manera
- que en el caso de una fracción de líquido situada por debajo de un valor límite, con geometría con geometría de bomba dada de la bomba de husillo helicoidal (1), la presión en la respectiva cámara de bombeo (7, 8, 9) antes y/o después de alcanzar el ángulo de rotación de apertura frente a la presión de succión de la bomba
- 40 de husillo helicoidal (1), que se presenta en la zona de la respectiva entrada de fluido (3), se aumenta como máximo 20 % o como máximo 10 % de una presión diferencial entre la presión de succión y la presión en la zona de la salida de fluido (4).

6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que el perfil helicoidal del respectivo husillo de accionamiento (5) y del husillo de rodadura (6) se seleccionan de modo que el valor medio del número de cámaras de bombeo (7, 8, 9) por husillo de accionamiento (5) y husillo de rodadura (6), que están cerrados tanto frente a la entrada de fluido (3) como frente a la salida de fluido (4), sea como máximo 1,5 sobre un ángulo de rotación del husillo de accionamiento (5) de 360 °.

7. Procedimiento según la reivindicación 5 o 6, caracterizado por que por una parte la geometría de bomba de la bomba de husillo helicoidal (1) utilizada y el índice de revoluciones nominal a la primera frecuencia nominal (37) se selecciona de modo que la velocidad circunferencial en el diámetro exterior de perfil (18) del husillo de accionamiento (5) o al menos de uno de los husillos de accionamiento (5) y/o del husillo de rodadura (6) o al menos de uno de los husillos de rodadura (6) es al menos 15 m/s y/o por que, por otra parte, la geometría de la bomba y el índice de revoluciones nominal a la primera frecuencia nominal se seleccionan de modo que la velocidad axial de la respectiva cámara de bombeo (7, 8, 9) en el caso de movimiento axial hacia la salida de fluido (4) es al menos 4 m/s.

5 8. Bomba de husillo helicoidal para el transporte de un fluido, que presenta una carcasa (2), en la que están alojados al menos un husillo de accionamiento (5) y al menos un husillo de rodadura (6) de la bomba de husillo helicoidal (1) acoplado rotacionalmente con este, un motor asíncrono (10) para el accionamiento del husillo de accionamiento (5) y un dispositivo de control (19) para la aplicación de corriente al motor asíncrono (10), en donde el dispositivo de control (19) está configurado para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes.

10 9. Bomba de husillo helicoidal según la reivindicación 8, caracterizada por que la carcasa (2) forma al menos una entrada de fluido (3) y una salida de fluido (4), en donde el husillo de accionamiento (5) y el husillo de rodadura (6) en cada posición de rotación del husillo de accionamiento (5) junto con la carcasa (2) limitan varias cámaras de bombeo (7, 8, 9), en donde el motor asíncrono (10) está configurada para hacer rotar el husillo de accionamiento (5) en una
15 dirección de accionamiento (11), mediante lo cual se cierra una de las respectivas cámaras de bombeo (7, 8, 9), primeramente abierta respecto a la respectiva entrada de fluido (3), la cámara de bombeo (7, 8, 9) cerrada resultante se mueve axialmente respecto a la salida de fluido (4) y se abre en esta al alcanzar un ángulo de rotación de apertura respecto a la salida de fluido (4), en donde el perfil helicoidal del respectivo husillo de accionamiento (5) y del husillo de rodadura (6) se seleccionan de modo que el valor medio del número de cámaras de bombeo (7, 8, 9) por husillo de accionamiento (5) y husillo de rodadura (6), que están cerrados tanto frente a la entrada de fluido (3) como frente a la salida de fluido (4), es como 1,5 en el caso de un ángulo de rotación del husillo de accionamiento (5) de 360°.

20 10. Bomba de husillo helicoidal según la reivindicación 9, caracterizada por que por una parte el diámetro interior (16) del perfil helicoidal del husillo de accionamiento (5) o al menos de uno de los husillos de accionamiento (5) y/o de los husillos de rodadura (6) o al menos de uno de los husillos de rodadura (6) es menos de 0,7 veces el diámetro exterior (18) del respectivo perfil helicoidal y/o por otra parte la ranura circunferencial media (17) entre el borde exterior del perfil helicoidal del husillo de accionamiento (5) o al menos de uno de los husillos de accionamiento (5) y/o del husillo de rodadura (6) o al menos de uno de los husillos de rodadura (6) y la carcasa (2) puede ser menos de 0,002 veces el diámetro exterior (18) del respectivo perfil helicoidal.

FIG. 1

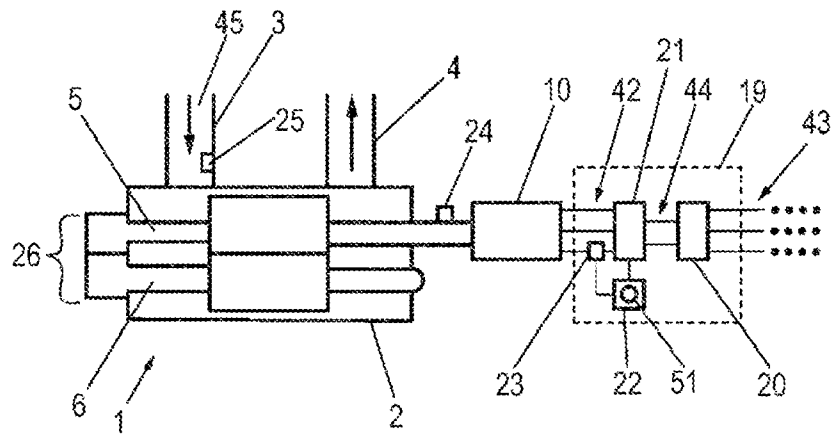


FIG. 3

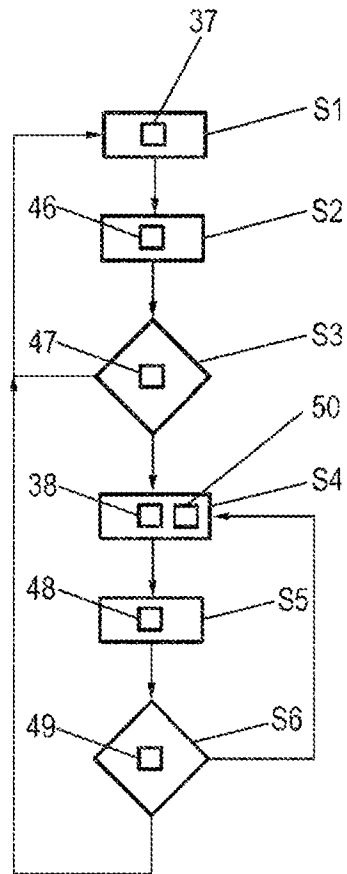


FIG. 4

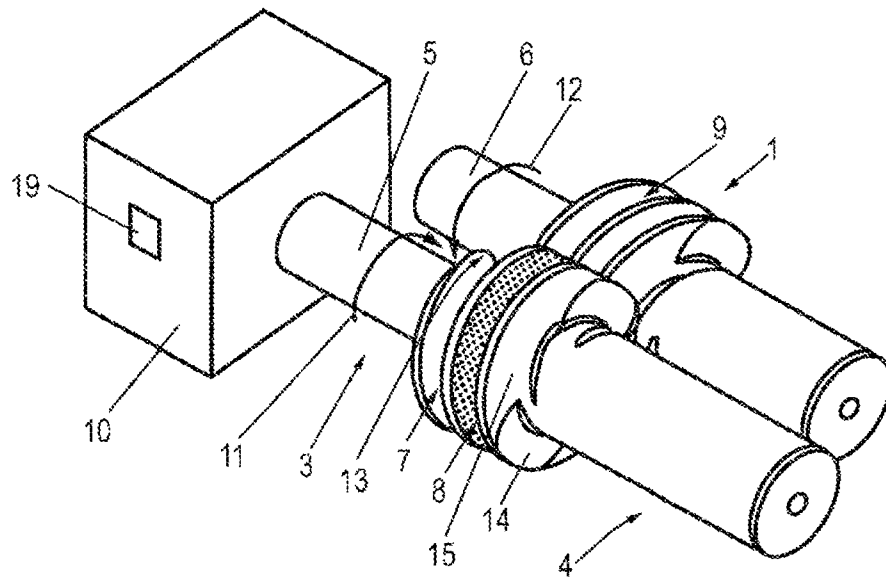


FIG. 5

