(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 764 114**

(51) Int. Cl.:

F04D 1/00 (2006.01)
F04D 7/04 (2006.01)
F04D 29/16 (2006.01)
F04D 29/22 (2006.01)
F04D 29/42 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2016** **E 16189944 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019** **EP 3156654**

(54) Título: **Bomba centrífuga para transportar un fluido altamente viscoso**

(30) Prioridad:

14.10.2015 EP 15189840

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.06.2020

(73) Titular/es:

SULZER MANAGEMENT AG (100.0%)
Neuwiesenstrasse 15
8401 Winterthur, CH

(72) Inventor/es:

LIGHTHEART, BARRY

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 764 114 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

Bomba centrífuga para transportar un fluido altamente viscoso

La invención se refiere a una bomba centrífuga para transportar un fluido altamente viscoso según el preámbulo de la reivindicación independiente.

Las bombas para bombear fluidos altamente viscosos se usan en muchas industrias diferentes, por ejemplo, en la industria de procesado de petróleo y gas para transportar fluidos hidrocarbonos. Aquí, estas bombas se usan para diferentes aplicaciones tales como la extracción de crudo de un yacimiento de petróleo, el transporte de petróleo u otros fluidos hidrocarbonos a través de oleoductos o dentro de refinerías. Pero también en otras industrias, por ejemplo, la industria alimentaria o la industria química, a menudo hay que transportar fluidos altamente viscosos.

Un ejemplo de tal bomba se describe en DE4208202, que describe una bomba centrífuga con una junta estanca anular entre un rotor y una carcasa. La junta estanca anular tiene una holgura al menos adyacente a una entrada del rotor que se inclina, en la dirección de un flujo principal de fluido en la entrada del rotor, en un ángulo entre 0 grados y 60 grados con relación al eje de rotación del rotor.

Otro ejemplo de tal bomba se describe en CN101892989, que describe una bomba de aspiración doble y alta presión. La bomba incluye una cámara de aspiración, una carcasa de bomba, un impulsor, un eje, un dispositivo de sellado mecánico empaquetado dispuesto entre la carcasa de bomba y el eje, un dispositivo de sellado de aro de impulsor y un dispositivo de lavado de sellado mecánico, donde la cámara de aspiración incluye un orificio de aspiración, una sección de distribución de flujo y una sección en espiral; la sección de división de flujo incluye un paso izquierdo, un paso derecho y una pared de voluta entre el paso izquierdo y el paso derecho; la pared de voluta está provista de una lengüeta de distribución de agua que se extiende hacia el orificio de aspiración; y la superficie exterior de la sección de distribución de flujo de la cámara de aspiración está provista de al menos un nervio radial de refuerzo que rodea la sección de distribución de flujo con un círculo.

La viscosidad de un fluido es una medida del rozamiento interno generado en un fluido en circulación y una propiedad característica del fluido. Dentro de la estructura de esta solicitud, los términos “viscosidad” o “viscoso” se usan para designar la viscosidad cinemática del fluido y el término “fluido altamente viscoso” se entenderá en el sentido de que el fluido tiene una viscosidad cinemática de al menos 10^{-4} m^2/s, que son 100 centistokes (cSt).

Es conocida la utilización de bombas centrífugas para el bombeo de fluidos altamente viscosos. El bombeo de fluidos altamente viscosos con bombas centrífugas requiere una bomba de potencia considerablemente mayor que, por ejemplo, el bombeo de agua. Cuanto más alta es la viscosidad del fluido, mayor es la potencia que precisa la bomba para suministrar el volumen de bombeo requerido. Especialmente en la industria del petróleo y gas, el enfoque principal, al menos en el pasado, se ha centrado en el volumen de bombeo, es decir, el flujo generado por la bomba, y en la fiabilidad de la bomba más bien que en la eficiencia de la bomba. Sin embargo, hoy día se intenta lograr un uso más eficiente de la bomba. Es deseable tener la relación más alta posible de la potencia, especialmente la potencia hidráulica, distribuida por la bomba a la potencia necesaria para mover la bomba. Este deseo se basa principalmente en una mayor conciencia de la protección del medioambiente y una utilización responsable de los recursos disponibles, así como de los costos crecientes de la energía.

Para mejorar la eficiencia de una bomba centrífuga para bombear fluidos altamente viscosos es conocido usar diseños específicos del impulsor, especialmente impulsores con altos coeficientes de carga. El coeficiente de carga del impulsor puede incrementarse, por ejemplo, incrementando el ángulo de salida del álabe o el número de álabes o la anchura de salida del impulsor. A pesar de estas medidas, todavía hay que mejorar aún más la eficiencia de una bomba para bombear fluidos altamente viscosos.

Por lo tanto, un objeto de la invención es proponer una nueva bomba centrífuga para transportar fluidos altamente viscosos que tiene una mejor eficiencia, es decir, una relación incrementada de la potencia distribuida por la bomba al bombear el fluido a la potencia que es suministrada a la bomba para mover la bomba

La materia de la invención que logra este objeto se caracteriza por los elementos de la reivindicación independiente.

Así, según la invención, se propone una bomba centrífuga para transportar un fluido altamente viscoso que tiene una viscosidad cinemática de al menos 10^{-4} m^2/s, incluyendo una carcasa con al menos una primera entrada y una salida para el fluido, un impulsor para transportar el fluido desde la entrada a la salida, donde el impulsor está dispuesto en un eje rotativo para rotación alrededor de una dirección axial, e incluye una envuelta delantera mirando a la primera entrada de la bomba, donde la carcasa está provista de una abertura estacionaria de impulsor para recibir la envuelta delantera del impulsor y que tiene un diámetro, donde la envuelta delantera y la abertura estacionaria de impulsor forman un intervalo que tiene una longitud en la dirección axial, caracterizada porque el intervalo se extiende paralelo al eje, y porque la relación de la longitud del intervalo y el diámetro de la abertura de impulsor es al menos 0,092.

La invención se basa en especial en el hallazgo de que la eficiencia de la bomba puede incrementarse al bombear fluidos altamente viscosos diseñando el intervalo entre la envuelta delantera del impulsor y la abertura estacionaria de impulsor considerablemente más corta de lo que se ha hecho en la técnica anterior.

El intervalo, que también se denomina a veces el laberinto, es necesario para sellar el lado de alta presión del impulsor, más en concreto el espacio lateral, contra la entrada de la bomba. El impulsor está dispuesto en la abertura estacionaria de impulsor que es una parte de la bomba que es estacionaria con respecto a la carcasa y que está adaptada para recibir el impulsor. En el estado montado, el impulsor está situado en dicha abertura de impulsor de tal manera que el intervalo o el laberinto está entre la superficie circunferencial exterior de la envuelta delantera del impulsor y la superficie circunferencial interior de la abertura estacionaria de impulsor. Este intervalo tiene una longitud en la dirección axial que realiza un sellado entre el espacio lateral en el lado de alta presión del impulsor y la entrada de la bomba, que es el lado de presión baja de la bomba.

Durante la operación de la bomba, se genera reflujo que va desde el lado de alta presión del impulsor, que, en una bomba de una sola etapa, es la región cerca de la salida de la bomba, a través del espacio lateral, y a través del intervalo entre la envuelta delantera y la abertura estacionaria de impulsor, volviendo al lado de presión baja del impulsor.

El intervalo o el laberinto, respectivamente, está diseñado como una junta de holgura radial o laberinto, es decir, proporciona una holgura con respecto a la dirección radial. Por lo tanto, el flujo principal a través del intervalo es en dirección axial, es decir, paralelo al eje. Esto tiene que diferenciarse de una junta de holgura axial o laberinto que se extiende perpendicular u oblicuamente al eje, de modo que el flujo principal a través de una junta de holgura axial es en dirección radial u oblicua con respecto a la dirección radial. En una junta de holgura axial, la holgura en dirección axial cambia con un movimiento relativo de la parte estacionaria y la parte de giro en dirección axial, donde en una junta de holgura radial la holgura en dirección radial cambia al movimiento relativo de la parte estacionaria y la parte de giro en dirección radial.

Un hallazgo esencial es que, por la longitud axial corta del intervalo (es decir, el laberinto) propuesta por la invención, las pérdidas de potencia a través del intervalo disminuyen, entre otros, debido a la reducida resistencia al arrastre en el espacio lateral. Por otra parte, cabe esperar que el acortamiento del intervalo dé lugar a una acción de sellado reducida, incrementando así el reflujo en la bomba. Sin embargo, un aumento del caudal de reflujo reduce la eficiencia de la bomba y por ello va en contra de una eficiencia mejorada. Por lo tanto, el hallazgo inesperado es que, acortando el intervalo con respecto a la dirección axial, la eficiencia general de bombeo aumenta a pesar del riesgo de un mayor caudal de reflujo.

Según la invención, la longitud del intervalo no deberá exceder de 0,092 veces el diámetro de la abertura de impulsor.

La longitud óptima del intervalo depende de varios factores, por ejemplo, la viscosidad del fluido. Así, dependiendo de la aplicación específica, puede ser preferible que la relación de la longitud del intervalo y el diámetro de la abertura de impulsor sea a lo sumo 0,073 y preferiblemente a lo sumo 0,055.

También hay aplicaciones para las que es ventajoso que la relación de la longitud del intervalo y el diámetro de la abertura de impulsor sea a lo sumo 0,037 y preferiblemente a lo sumo 0,019.

Por razones prácticas también hay un límite inferior preferido para la longitud del intervalo. Según el diseño preferido, la relación de la longitud del intervalo y el diámetro de la abertura de impulsor es al menos 0,0001.

Con el fin de generar el efecto de sellado deseado por el intervalo se prefiere tener una holgura radial entre la envuelta delantera y la abertura de impulsor que sea a lo sumo 0,0045 veces el diámetro de la abertura de impulsor. La holgura radial es la extensión del intervalo con respecto a la dirección radial, es decir, perpendicular a la dirección axial, y se puede considerar como la anchura del intervalo. Esta holgura radial es la distancia mínima entre la superficie circunferencial exterior de la envuelta delantera del impulsor y la superficie circunferencial interior de la abertura estacionaria del impulsor a lo largo del intervalo.

Las dos superficies que delimitan el intervalo pueden diseñarse como superficies niveladas.

Según otra realización, el intervalo incluye una pluralidad de partes planas consecutivamente dispuestas con respecto a la dirección axial, donde dos partes planas adyacentes están separadas respectivamente por una ranura. En tal realización, las dos superficies que delimitan el intervalo no están niveladas. La parte de la superficie circunferencial exterior de la parte delantera del impulsor que delimita el intervalo o la parte de la superficie circunferencial interior de la abertura estacionaria de impulsor que delimita el intervalo pueden estar provistas de una pluralidad de partes planas y ranuras entremedio. En tal realización la longitud del intervalo en dirección axial se define como la suma de las longitudes de todas las partes planas individuales en la dirección axial. Las ranuras no contribuyen a la longitud general del intervalo en la dirección axial.

Según una realización preferida, la abertura de entrada estacionaria incluye un aro de desgaste que delimita el intervalo con respecto a la dirección radial, estando dispuesto el aro de desgaste estacionario con respecto a la carcasa.

De forma suplementaria o como una medida alternativa, también es posible que el impulsor incluya un aro de desgaste que delimite el intervalo con respecto a la dirección radial, estando dispuesto el aro de desgaste estacionario con respecto al impulsor.

La bomba centrífuga puede estar diseñada, por ejemplo, como una bomba de aspiración única o una bomba de aspiración doble, como una bomba de etapa única o como una bomba de etapas múltiples. Cuando la bomba está diseñada como una bomba de aspiración única, puede tener una envuelta trasera en el impulsor además de la envuelta delantera. En tal diseño también es posible que la envuelta trasera del impulsor forme un intervalo con una parte que es estacionaria con respecto a la carcasa. Este intervalo en la envuelta trasera puede diseñarse de la misma forma análoga, como se explica con respecto al intervalo en la envuelta delantera del impulsor.

Según una realización preferida, la bomba centrífuga está diseñada como una bomba de aspiración doble, que tiene una segunda entrada para el fluido que está dispuesta de manera opuesta a la primera entrada de la bomba, donde el impulsor está diseñado como un impulsor de aspiración doble incluyendo álabes para transportar el fluido tanto desde la primera entrada como desde la segunda entrada a la salida.

Para tal diseño como una bomba de aspiración doble se prefiere que el impulsor incluya una segunda envuelta delantera orientada a la segunda entrada de la bomba, donde la carcasa está provista de una segunda abertura estacionaria de impulsor para recibir la segunda envuelta delantera del impulsor y que tiene un diámetro, donde la segunda envuelta delantera y la segunda abertura estacionaria de impulsor forman un segundo intervalo que tiene una longitud en la dirección axial, y donde la relación de la longitud del segundo intervalo y el diámetro de la segunda abertura de impulsor es a lo sumo 0,092.

Dependiendo de la aplicación específica puede ser preferible que también la relación de la longitud del segundo intervalo y el diámetro de la segunda abertura de impulsor sea a lo sumo 0,073 y preferiblemente a lo sumo 0,055.

También hay aplicaciones para las que es ventajoso que la relación de la longitud del segundo intervalo y el diámetro de la segunda abertura de impulsor sea a lo sumo 0,037 y preferiblemente a lo sumo 0,019.

También para el segundo intervalo es ventajoso que haya una holgura radial entre la segunda envuelta delantera y la segunda abertura de impulsor que sea a lo sumo 0,0045 veces el diámetro de la segunda abertura de impulsor.

Una medida especialmente preferida es que el intervalo y el segundo intervalo estén diseñados esencialmente de forma idéntica.

Según una aplicación esencial, la bomba está diseñada para el uso en la industria del petróleo y gas.

Otras medidas y realizaciones ventajosas de la invención serán evidentes por las reivindicaciones dependientes.

La invención se explicará con más detalle a continuación con referencia a los dibujos. En ella se muestran en una representación esquemática:

La figura 1 es una vista en sección transversal de una realización de una bomba según la invención.

La figura 2 es una representación ampliada del detalle I de la figura 1.

La figura 3 es un esbozo de la envuelta delantera y un aro de desgaste como parte de la abertura estacionaria de impulsor.

La figura 4 es como la figura 3, pero para una variante de la realización.

La figura 5 es una segunda variante para el diseño del intervalo entre la envuelta delantera y la abertura estacionaria de impulsor.

Y la figura 6 es una ilustración de una comparación de una bomba según la invención con bombas de la técnica anterior.

La figura 1 representa una vista en sección transversal de una realización de una bomba centrífuga según la invención que se indica en su entidad con el número de referencia 1. La figura 2 muestra una representación ampliada del detalle I de la figura 1. La bomba 1 está diseñada para transportar un fluido altamente viscoso, mientras que el término "altamente viscoso" tiene el significado de que la viscosidad cinemática del fluido es al menos 10^{-4} m^2/s, que son 100 centistokes (cSt).

En esta realización, la bomba 1 está diseñada como una bomba centrífuga de una sola etapa y doble aspiración. Este diseño es una realización preferida que en la práctica es útil para muchas aplicaciones. Naturalmente, la invención no se limita a este diseño. Una bomba según la invención también puede diseñarse como una bomba centrífuga de aspiración única o como una bomba centrífuga de etapas múltiples o como cualquier otro tipo de bomba centrífuga. En base a la descripción de la realización representada en la figura 1 y la figura 2 no es problema para los expertos idear una bomba según la invención, que esté diseñada como otro tipo de bomba, especialmente bomba centrífuga, por ejemplo, una bomba de aspiración única.

La bomba de aspiración doble 1 incluye una carcasa 2 con una primera entrada 3, una segunda entrada 3' y una salida 4 para el fluido a bombear. El fluido puede ser, por ejemplo, crudo, aceite o cualquier otro fluido hidrocarbono que sea altamente viscoso. La bomba 1 tiene un impulsor 5 con una pluralidad de álabes 51 para transportar el fluido desde la primera entrada 3 y la segunda entrada 3' a la salida 4. El impulsor 5 está dispuesto en un eje rotativo 6 para rotación alrededor de una dirección axial A. La dirección axial A la define el eje del eje 6 alrededor del que el impulsor 5 gira durante la operación. El eje 6 se hace girar por una unidad de accionamiento (no representada).

La dirección perpendicular a la dirección axial A se denomina la dirección radial.

La primera entrada 3 y la segunda entrada 3' están dispuestas de manera opuesta una a otra con respecto a la dirección axial A. Así, según la representación de la figura 1, el fluido fluye tanto desde el lado izquierdo como desde el lado derecho en la dirección axial A al impulsor 5, mientras que el fluido procedente de la primera entrada 3 fluye en dirección opuesta al impulsor 5 como el fluido procedente de la segunda entrada 3'. El impulsor 5 transporta el fluido procedente de la primera entrada 3 y el fluido procedente de la segunda entrada 3' en la dirección radial a la salida 4 de la bomba.

El impulsor 5 incluye una envuelta delantera 7 que cubre los álabes 51 y orientada a la primera entrada 3 de la bomba 1. Dado que en esta realización el impulsor 5 está diseñado como un impulsor de aspiración doble 5 incluye una segunda envuelta delantera 7' orientada a la segunda entrada 3' y que cubre los álabes 51 en el lado del impulsor 5 que mira a la segunda entrada 3'.

La carcasa 2 está provista de una abertura estacionaria de impulsor 8 para recibir la envuelta delantera 7 del impulsor 5. La abertura estacionaria de impulsor 8 es estacionaria con respecto a la carcasa 2 de la bomba 1 y tiene una sección transversal circular con un diámetro D, mientras que el diámetro D designa el diámetro más pequeño de la parte de la abertura estacionaria de impulsor 8 que recibe la envuelta delantera 7.

De manera análoga, la carcasa 2 incluye una segunda abertura estacionaria de impulsor 8' para recibir la segunda envuelta delantera 7' del impulsor 5.

En el estado montado, el impulsor 5 está dispuesto coaxialmente dentro de la abertura estacionaria de impulsor 8 de tal manera que la superficie circunferencial exterior de la envuelta delantera 7 mira a la superficie circunferencial interior de la abertura estacionaria de impulsor 8. Así, la envuelta delantera 7 y la abertura estacionaria de impulsor 8 forman un intervalo 9 (véase también la figura 3) entre la envuelta delantera 7 y la abertura estacionaria de impulsor 8. El intervalo 9 también se denomina laberinto. Tiene una forma esencialmente anular y realiza una acción de sellado, como se explicará a continuación. El intervalo 9 tiene una longitud L que es la extensión del intervalo 9 en la dirección axial A. El intervalo 9 se extiende paralelo al eje 6 o paralelo a la dirección axial A, respectivamente. Así, el reflujo fluye a través del intervalo 9 paralelo al eje 6 y en la dirección opuesta cuando el fluido fluye a través de la entrada respectiva 3. Así, visto en la dirección principal de flujo del fluido que entra a través de la entrada respectiva 3, la posición inicial del intervalo 9, es decir, la abertura a través de la que el fluido entra en el intervalo 9, está detrás de la posición final del intervalo 9, es decir, la abertura a través de la que el fluido sale del intervalo 9.

De manera análoga, un segundo intervalo 9' está formado entre la segunda envuelta delantera 7' y la segunda abertura estacionaria de impulsor 8'. El segundo intervalo 9' tiene una longitud L' en la dirección axial A y la segunda abertura estacionaria de impulsor 8' tiene un diámetro D'. El intervalo 9' se extiende paralelo al eje 6 o paralelo a la dirección axial A, respectivamente. Preferiblemente, aunque no necesariamente, la longitud L' es igual a la longitud L y el diámetro D' es igual al diámetro D. Dado que el diseño y la disposición del segundo intervalo 9' pueden ser idénticos al intervalo 9, la descripción siguiente solamente se referirá al intervalo 9. Se entenderá que esta descripción se aplica de forma análoga también para el segundo intervalo 9'.

El intervalo 9 o el laberinto 9 sella un espacio lateral 10 situado en el lado de alta presión del impulsor 5 contra el lado de presión baja del impulsor 5 que está situado en la entrada 3. El espacio lateral 10 está situado en el lado de alta presión del impulsor 5 cerca de la salida 4 de la bomba 1 y delimitado por la envuelta delantera 7 del impulsor 5 así como por la carcasa 2 de la bomba 1. Durante la operación de la bomba 1, se genera un reflujo desde la zona de la salida 4 a través del espacio lateral 10. El reflujo pasa por el intervalo o el laberinto 9 fluyendo esencialmente en la dirección axial A, es decir, paralelo al eje 6 y llega al lado de presión baja del impulsor 5 junto a la primera entrada 3. Es obvio que el reflujo reduce la eficiencia de la bomba 1.

Así, una de las funciones del intervalo 9 es proporcionar cierta acción de sellado para limitar el reflujo. Ésa es la razón por la que el intervalo 9 también se llama laberinto.

La idea básica de la presente invención es acortar las longitudes L (véase la figura 2 y la figura 3) del intervalo 9 en la dirección axial A en comparación a las soluciones conocidas de la técnica anterior. Aunque cabría esperar que un acortamiento de la longitud L daría lugar a un reflujo incrementado que, a su vez, reduce la eficiencia de bombeo, se ha observado que, mediante el acortamiento de la longitud L del intervalo 9, la eficiencia general de la bomba 1 puede incrementarse.

Con referencia a la figura 2 y la figura 3, el diseño del intervalo 9 se explicará ahora con más detalle. En la realización según la figura 1, la abertura estacionaria de entrada 8 incluye un aro de desgaste 11 que delimita el intervalo 9 con respecto a la dirección radial. El aro de desgaste 11 mira a la superficie circunferencial exterior de la envuelta delantera 7 que se inserta en la abertura estacionaria de entrada 8. El aro de desgaste 11 está montado fijamente en la carcasa 2, así, el aro de desgaste 11 es estacionario con respecto a la carcasa 2.

La figura 3 representa un esbozo de la envuelta delantera 7 y el aro de desgaste 11 como parte de la abertura estacionaria de impulsor 8 para entender de forma más clara las dimensiones del intervalo 9.

Según la invención, la longitud L del intervalo 9 está diseñada de tal manera que la relación de la longitud L y el diámetro D de la abertura de impulsor 8 sea a lo sumo 0,092, es decir, $L/D \leq 0{,}092$. Como ya se ha indicado, el diámetro D designa el diámetro más pequeño de la abertura estacionaria de impulsor 8, es decir, el diámetro en la posición donde el aro de desgaste 11 está más próximo a la superficie circunferencial exterior de la envuelta delantera 7. La longitud L del intervalo 9 es la extensión en la dirección axial A de la zona donde la abertura estacionaria de impulsor 8 y la envuelta delantera 7 más se aproximan una a otra.

En la disposición representada en la figura 3, el aro de desgaste 11 está diseñado con un saliente 111 en dirección radial. Consiguientemente, la longitud L del intervalo 9 es igual a la extensión del saliente 111 en la dirección axial 9.

El segundo parámetro que define la geometría del intervalo 9 es la holgura radial R entre la envuelta delantera 7 y la abertura estacionaria de impulsor 8 o el aro de desgaste 11, respectivamente, a lo largo de la extensión axial del intervalo 9. La holgura radial R designa la holgura radial mínima a lo largo del intervalo 9.

Se ha demostrado en la práctica que es ventajoso que la holgura radial R no exceda de 0,0045 veces el diámetro D de la abertura estacionaria de entrada 8, es decir, se cumple preferiblemente la condición $R/D \leq 0{,}0045$.

La longitud óptima L del intervalo 9 depende de la aplicación respectiva. Hay varios factores que influyen en una opción apropiada de la longitud L del intervalo 9, por ejemplo, la viscosidad cinemática del fluido específico a bombear, el aumento de presión generado por la bomba, el flujo a través de la bomba u otros parámetros operativos de la bomba 1.

Para un conjunto dado de parámetros operativos de la bomba 1, las longitudes L del intervalo 9 deberán reducirse preferiblemente con la viscosidad creciente del fluido a bombear.

En la práctica y dependiendo de la aplicación puede ser preferible que la relación L/D no exceda de 0,073 o más preferiblemente que no exceda de 0,055, o aún más preferiblemente que no exceda de 0,037 o se prefiere específicamente que no exceda de 0,019.

Según las realizaciones preferidas de la bomba 1, la relación L/D mínima es 0,0001, es decir, la longitud L del intervalo 9 es preferiblemente al menos 0,0001 veces el diámetro de la abertura estacionaria de impulsor 8 o el aro de desgaste 11, respectivamente.

La figura 4 muestra en una representación similar a la figura 3 una variante de la realización de la bomba 1. Según esta variante, el impulsor 5 y más en concreto la envuelta delantera 7 del impulsor 5 incluye un aro de desgaste 11' que delimita el intervalo 9 con respecto a la dirección radial. El aro de desgaste 11' está fijamente conectado al impulsor 5 y gira con el impulsor 5. En esta variante, la abertura estacionaria de impulsor 8 también puede incluir un aro de desgaste 11, pero también puede diseñarse sin un aro de desgaste.

La figura 5 ilustra una segunda variante para el diseño del intervalo 9 entre la envuelta delantera 7 y la abertura estacionaria de impulsor 8. Según la segunda variante, la abertura estacionaria de impulsor 8 o el aro de desgaste 11, respectivamente, o como una alternativa (no representada) la envuelta delantera 7 está diseñada de tal manera que el intervalo 9 incluya una pluralidad de partes planas12 dispuestas consecutivamente con respecto a la dirección axial A, donde dos partes planas adyacentes 12 están separadas respectivamente por una ranura 13. En tal diseño, la longitud total L del intervalo 9 es la suma de las longitudes individuales L1, L2, L3, L4, L5 de todas las partes planas 12 en la dirección axial. La extensión de las ranuras no contribuye a las longitudes totales L del intervalo 9, es decir, $L= L1+L2+L3+L4+L5$. Se entenderá que el número de partes planas y ranuras, así como su diseño geométrico representado en la figura 5, tiene solamente un carácter ejemplar.

La bomba 1 según la invención tiene una mejor eficiencia de bombeo en comparación con las bombas conocidas de la técnica actual. La eficiencia de bombeo designa la relación de la potencia distribuida por la bomba y la entrada de potencia para la bomba, es decir, la potencia que se usa para accionar la bomba. La potencia distribuida por la bomba es generalmente la potencia hidráulica generada por la bomba 1.

La figura 6 ilustra una comparación de una bomba según la invención con bombas de la técnica anterior. El gráfico representa la eficiencia de bombeo P como una función de la viscosidad V del fluido transportado por la bomba. Para una mejor comprensión, el gráfico está estandarizado de tal manera que la eficiencia de bombeo P de las bombas de la técnica anterior es igual al eje de viscosidad horizontal V, es decir, la eficiencia de bombeo P para la bomba según la técnica anterior está siempre en el eje V para cada viscosidad. Así, el gráfico representa directamente el aumento de la eficiencia de bombeo de la bomba 1 según la invención en comparación con una bomba de la técnica anterior. La eficiencia de bombeo de la bomba según la invención se representa por la curva K. Como se puede ver claramente, tan pronto como la viscosidad del fluido es mayor que un valor específico V1, la bomba 1 según la invención tiene una mayor eficiencia de bombeo en comparación con la bomba de la técnica anterior. La ganancia de eficiencia aumenta con la viscosidad del fluido. El valor específico V1 de la viscosidad donde la bomba 1 según la invención es más eficiente que la bomba de la técnica anterior es generalmente menor que el valor de 10^{-4} m^2/s. Así, para un fluido altamente viscoso, la bomba 1 según la invención tiene una mayor eficiencia de bombeo que la bomba de la técnica anterior.

Aunque se ha hecho referencia específica a efectos de explicación a una realización, donde la bomba 1 está diseñada como una bomba centrífuga de una sola etapa y doble aspiración, la invención no se limita de ninguna forma a tales realizaciones. La bomba según la invención también puede diseñarse como cualquier otro tipo de bomba centrífuga, por ejemplo, como una bomba de aspiración única o como una bomba de etapas múltiples. En particular, la invención es aplicable tanto a bombas centrífugas con un impulsor cerrado, es decir, un impulsor que tiene una envuelta delantera y una envuelta trasera, como a bombas centrífugas con un impulsor semiabierto, es decir, que tiene una envuelta trasera, pero no envuelta delantera. En tales diseños donde el impulsor tiene una envuelta trasera o una envuelta trasera solamente, el diseño del intervalo 9 según la invención puede ser usado para la envuelta trasera de forma análoga a la descrita en este documento con referencia a la envuelta delantera.

REIVINDICACIONES

1. Una bomba centrífuga para transportar un fluido altamente viscoso que tiene una viscosidad cinemática de al menos 10^{-4} m^2/s, incluyendo una carcasa (2) con al menos una primera entrada (3) y una salida (4) para el fluido, un impulsor (5) para transportar el fluido desde la entrada (3) a la salida (4), donde el impulsor (5) está dispuesto en un eje rotativo (6) para rotación alrededor de una dirección axial (A), e incluye una envuelta delantera (7) orientada a la primera entrada (3) de la bomba, donde la carcasa (2) está provista de una abertura estacionaria de impulsor (8) que recibe la envuelta delantera (7) del impulsor (5) y que tiene un diámetro (D), donde la envuelta delantera (7) y la abertura estacionaria de impulsor (8) forman un intervalo (9) que tiene una longitud (L) en la dirección axial (A), **caracterizada porque** el intervalo (9) se extiende paralelo al eje (6), y porque la relación de la longitud (L) del intervalo (9) y el diámetro (D) de la abertura de impulsor (8) es a lo sumo 0,092.

2. La bomba centrífuga según la reivindicación 1, donde la relación de la longitud (L) del intervalo (9) y el diámetro (D) de la abertura de impulsor (8) es a lo sumo 0,073 y preferiblemente a lo sumo 0,055.

3. La bomba centrífuga según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la relación de la longitud (L) del intervalo (9) y el diámetro (D) de la abertura de impulsor (8) es a lo sumo 0,037 y preferiblemente a lo sumo 0,019.

4. La bomba centrífuga según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la relación de la longitud (L) del intervalo (9) y el diámetro (D) de la abertura de impulsor (8) es al menos 0,0001.

5. La bomba centrífuga según cualquiera de las reivindicaciones precedentes que tiene una holgura radial (R) entre la envuelta delantera (7) y la abertura de impulsor (8) que es a lo sumo 0,0045 veces el diámetro (D) de la abertura de impulsor (8).

6. La bomba centrífuga según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el intervalo (9) incluye una pluralidad de partes planas (12) consecutivamente dispuestas con respecto a la dirección axial (A) y donde dos partes planas adyacentes (12) están separadas respectivamente por una ranura (13).

7. La bomba centrífuga según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la abertura de entrada estacionaria (8) incluye un aro de desgaste (11) que delimita el intervalo (9) con respecto a la dirección radial, el aro de desgaste (11) estando dispuesto estacionario con respecto a la carcasa (2).

8. La bomba centrífuga según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el impulsor (5) incluye un aro de desgaste (11') que delimita el intervalo (9) con respecto a la dirección radial, estando dispuesto el aro de desgaste (11') estacionario con respecto al impulsor (5).

9. La bomba centrífuga según cualquiera de las reivindicaciones precedentes que está diseñada como una bomba de aspiración doble, teniendo una segunda entrada (3') para el fluido que está dispuesta de manera opuesta a la primera entrada (3) de la bomba, donde el impulsor (5) está diseñado como un impulsor de aspiración doble (5) incluyendo álabes (51) para transportar el fluido tanto desde la primera entrada (3) como desde la segunda entrada (3') a la salida (4).

10. La bomba centrífuga según la reivindicación 9, donde el impulsor (5) incluye una segunda envuelta delantera (7') orientada a la segunda entrada (3') de la bomba, donde la carcasa (2) está provista de una segunda abertura estacionaria de impulsor (8) para recibir la segunda envuelta delantera (7') del impulsor y que tiene un diámetro (D'), donde la segunda envuelta delantera (7') y la segunda abertura estacionaria de impulsor (8') forman un segundo intervalo (9') que tiene una longitud (L') en la dirección axial (A), y donde la relación de la longitud (L') del segundo intervalo (9') y el diámetro (D') de la segunda abertura de impulsor (8') es a lo sumo 0,092.

11. La bomba centrífuga según la reivindicación 9 o 10, donde la relación de la longitud (L') del segundo intervalo (9') y el diámetro de la segunda abertura de impulsor (8') es a lo sumo 0,073 y preferiblemente a lo sumo 0,055.

12. La bomba centrífuga según alguna de las reivindicaciones 9-11, donde la relación de la longitud (L') del segundo intervalo (9') y el diámetro (D') de la segunda abertura de impulsor (8') es a lo sumo 0,037 y preferiblemente a lo sumo 0,019.

13. La bomba centrífuga según alguna de las reivindicaciones 9-12 que tiene una holgura radial entre la segunda envuelta delantera (7') y la segunda abertura de impulsor (8') que es a lo sumo 0,0045 veces el diámetro (D') de la segunda abertura de impulsor (8).

14. La bomba centrífuga según alguna de las reivindicaciones 9-12, donde el intervalo (9) y el segundo intervalo (9') están diseñados esencialmente de forma idéntica.

15. La bomba centrífuga según cualquiera de las reivindicaciones precedentes que está diseñada para el uso en la industria del petróleo y gas.

Fig.1

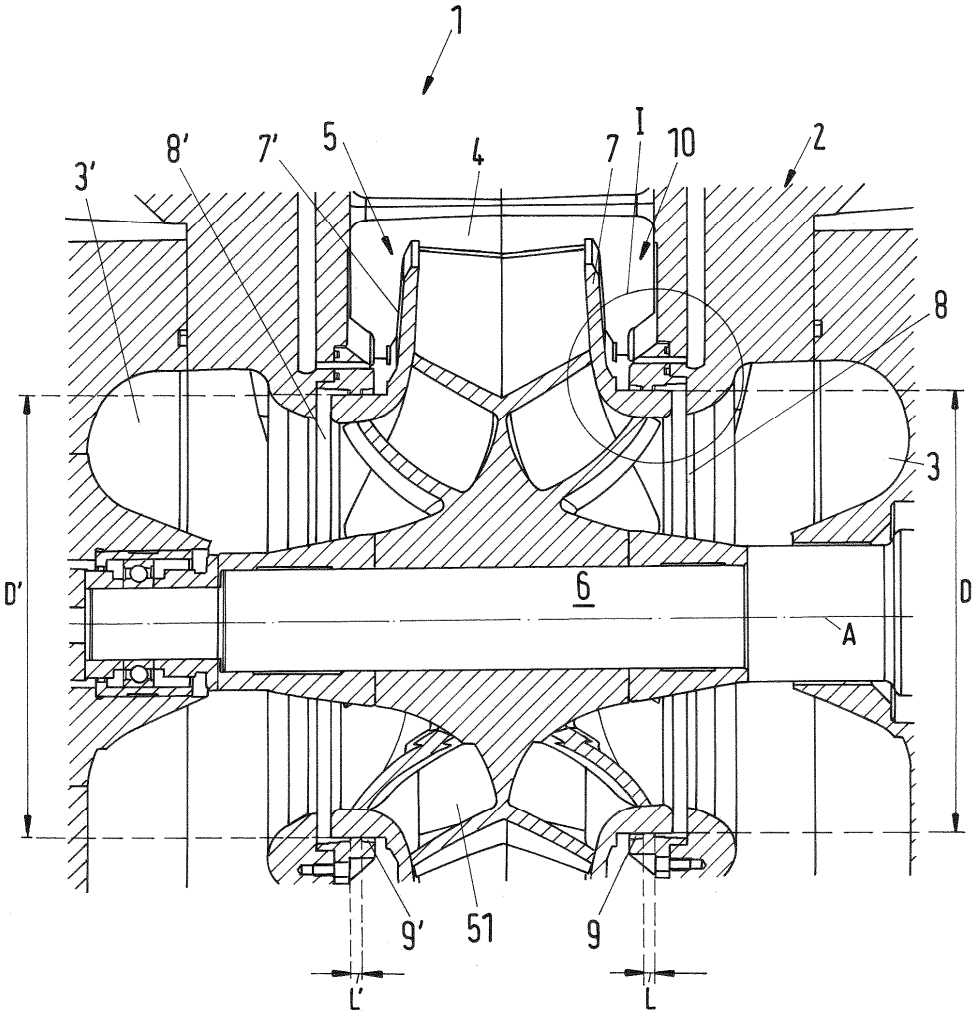

Fig.2

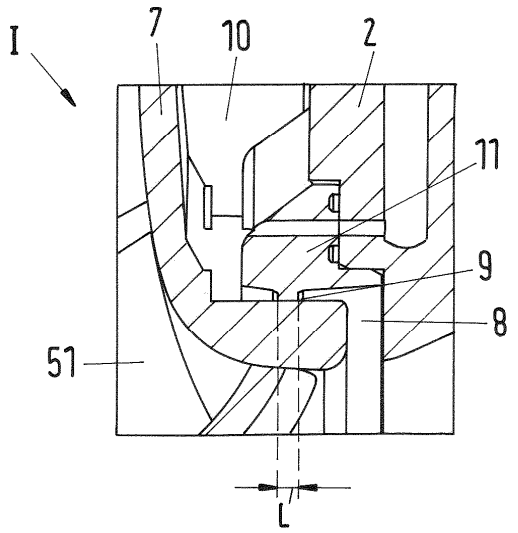

Fig.3

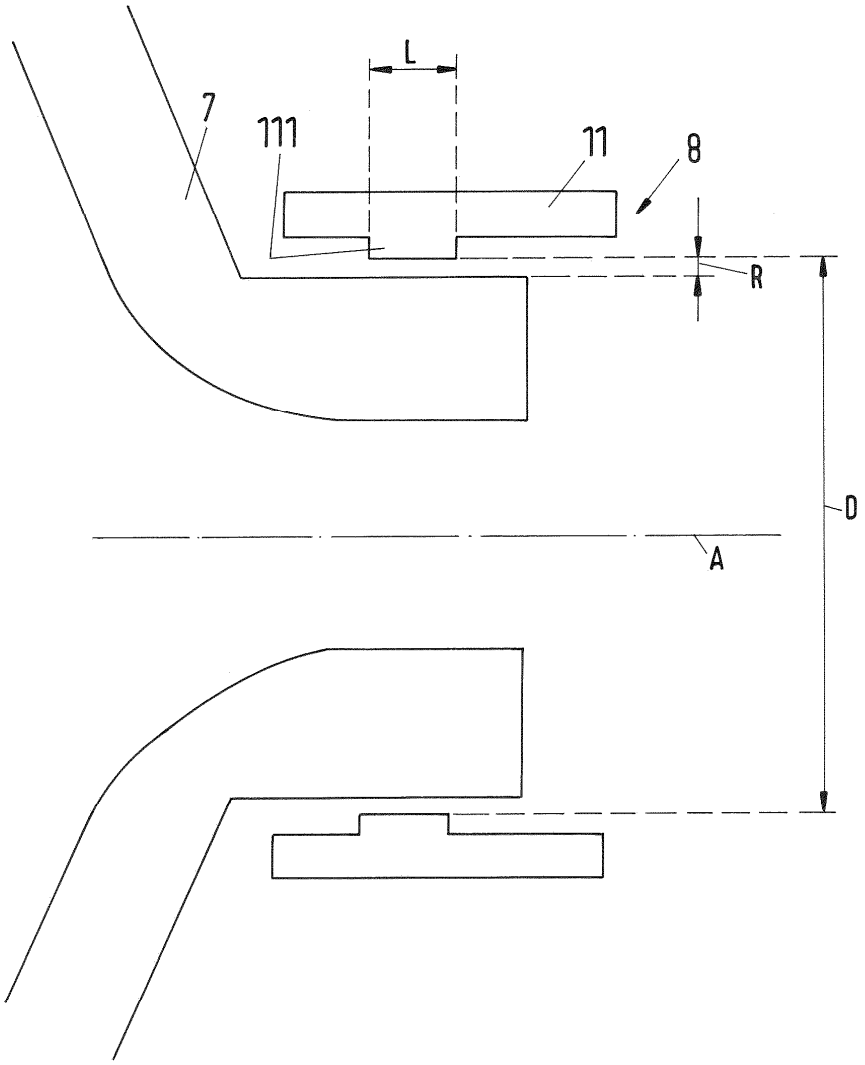

Fig.4

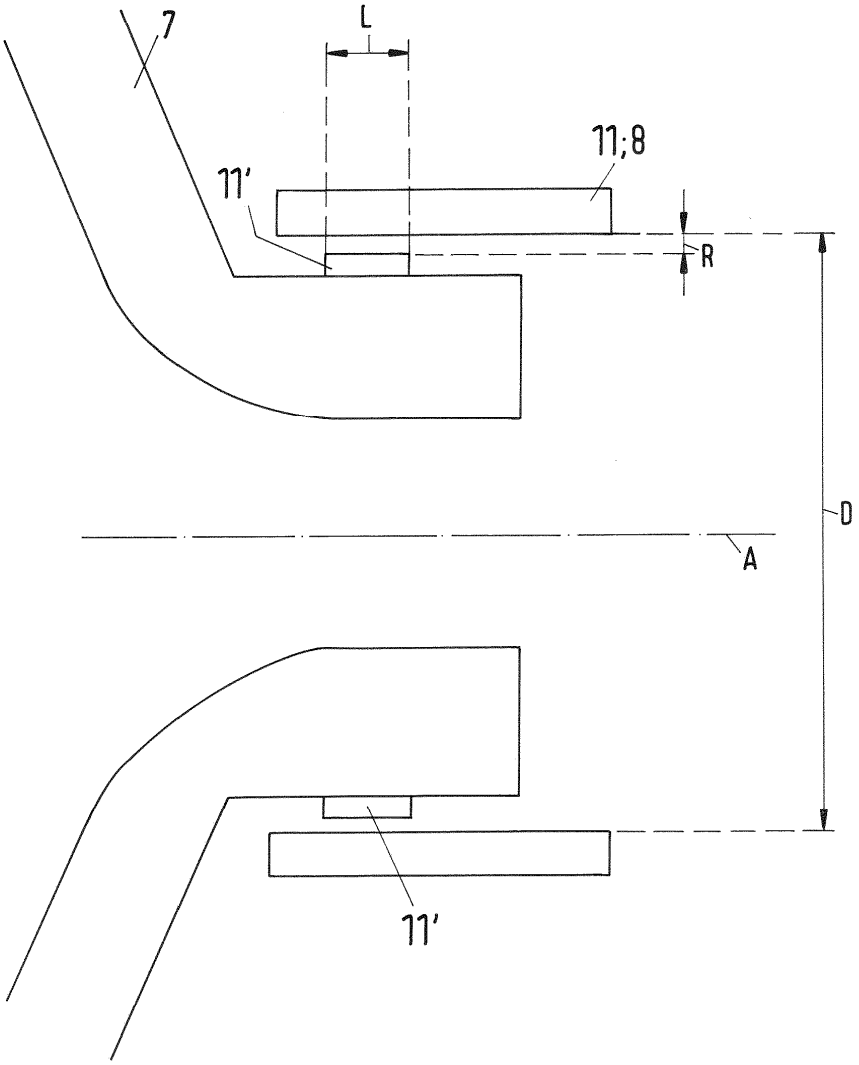

Fig.5

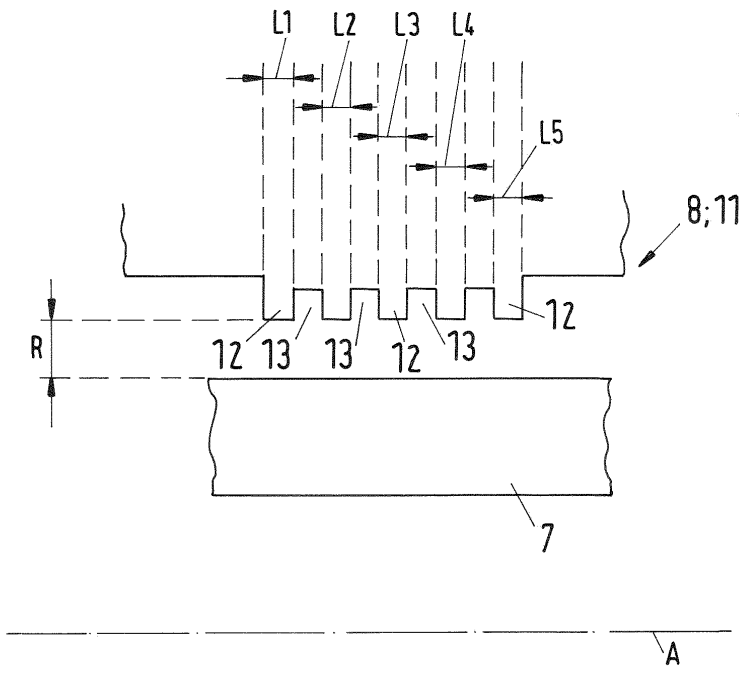
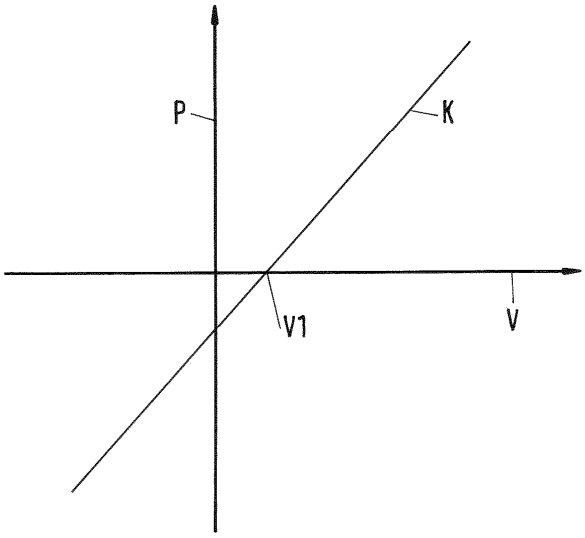
Fig.6