(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 597 738**

(51) Int. Cl.:

F01D 13/02	(2006.01)
F01D 15/10	(2006.01)
F03G 6/06	(2006.01)
F04D 25/02	(2006.01)
F01K 3/12	(2006.01)
F01K 7/22	(2006.01)
F22B 1/00	(2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.05.2013** **PCT/EP2013/060577**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013** **WO13174901**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2013** **E 13727820 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016** **EP 2855861**

(54) Título: **Conexión de turbobomba para sales fundidas**

(30) Prioridad:

25.05.2012 EP 12169483
25.05.2012 BE 201200356

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.01.2017

(73) Titular/es:

COCKERILL MAINTENANCE & INGÉNIÉRIE S.A. (100.0%)
Avenue Grenier 1
4100 Seraing, BE

(72) Inventor/es:

DETHIER, ALFRED

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 597 738 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).

DESCRIPCION

Conexión de turbobomba para sales fundidas

Objeto de la invención

La presente invención se refiere al ámbito de las centrales solares térmicas. En particular, el objeto de la presente solicitud se refiere a las instalaciones de producción de energía por concentración solar CSP (para Concentrated Solar Power plant), del tipo de receptores solares de torre, utilizando como fluido caloportador sales fundidas y en las cuales se utilizan bombas verticales para la circulación y la transferencia de las sales fundidas llevadas a alta temperatura.

Estado de la técnica

En las CSP del tipo de torre central, un gran número de heliostatos (en forma de espejos planos) reflejan la luz solar hacia uno o varios receptores solares, situados en la parte superior de la torre, estando los heliostatos dispuestos de forma tal que las sombras creadas por los espejos no interfieran con los espejos próximos.

El receptor solar, calentado por los rayos solares incidentes concentrados generará un fluido cliente que se utilizará seguidamente a nivel del suelo para producir vapor a alta presión capaz de accionar una turbina y producir electricidad.

El fluido calentado en la parte superior de la torre puede ser directamente vapor, o aire, o un aceite térmico. Pero puede también ser una sal fundida consistente en una mezcla de dos o tres sales específicas, o más, utilizada como fluido de transferencia térmica.

Por ejemplo, una mezcla de nitrato de sodio ($NaNO_3$) y de nitrato de potasio (KNO_3) se utiliza a menudo, por ejemplo según una relación del 60%/40%, que forma un eutéctico a presión atmosférica que tiene una temperatura de fusión reducida a 220°C y que ofrece una buena estabilidad química y térmica entre la temperatura de fusión y los 600°C. Utilizando una mezcla ternaria de sales, que comprenden, además de las dos sales anteriormente citadas, nitrato de litio ($LiNO_3$), se puede incluso obtener un eutéctico con una temperatura de fusión tan baja como los 120°C.

Una gran ventaja de esta mezcla de sales es su posibilidad de almacenado en gran cantidad a alta temperatura bajo presión atmosférica, a un coste reducido. El almacenado permite la desconexión entre la captación de la energía del sol y la producción de electricidad, independientemente del soleado y de la hora solar, comprendida en esto durante la noche.

El principio de funcionamiento de una central CSP de ciclo combinado es conocido y se describe por ejemplo en el documento WO 2011/077248.

La figura 1 muestra esquemáticamente el principio de una central solar de concentración del tipo torre 1. La sal se mantiene líquida en un primer depósito de almacenado frío aislado 2, a una temperatura que no es inferior a los 260°C. Las bombas 3 son necesarias para llevar la sal fundida a la parte superior de la torre 1 y visto los grandes caudales requeridos así como la alta densidad de la sal, la potencia absorbida por las bombas es bastante elevada, de una amplitud de 4 MW para una central de gran potencia (típicamente 150 MW). En la parte superior de la torre, la sal se calienta a 550°C por el calor solar concentrado como se ha precisado anteriormente por medio de uno o varios intercambiadores 20, repartidos por ejemplo según cuatro cavidades, constituidas por tubos de acero de pared fina. De ahí, la sal calentada es reenviada hacia un segundo depósito de almacenado caliente aislado 5. La capacidad de este depósito depende del tiempo de alimentación requerido para la turbina que produce electricidad. Cuando la producción de electricidad por la central es requerida, la sal caliente es enviada por una bomba 6 hacia un sistema convencional de generación de vapor 7 para producir vapor sobrecalentado para un generador de electricidad 9 de turbina 8. La figura 1 muestra además un ejemplo detallado, y no limitativo para la presente invención, de generador de vapor 7 según el estado de la técnica.

El circuito de sal fundida está referenciado con 17 y el circuito de agua/vapor está referenciado con 18 en la figura 1.

Los rendimientos típicos para una instalación de 150 MW se facilitan en la tabla 1.

Resulta igualmente conocido que se podrían utilizar en este tipo de instalación turbinas de recuperación de potencia hidráulica 4 (HRPT por *Hydraulic Power Recovery Turbine*). Estas pueden ser instaladas en la línea de retorno de la sal calentada al depósito de almacenado, con el fin de recuperar la energía mecánica (gravífico) de la sal descendente de la parte superior de la torre hasta el suelo, presentando la potencia recuperable una amplitud típica de 3 MW para la central anteriormente citada.

Junto a un cierto número de ventajas tales como una gran capacidad de almacenado de la energía bajo presión atmosférica, un bajo coste de la sal compatible con el respeto del medio ambiente, una ausencia total de riesgo al

fuego, una gran sencillez y costes reducidos para el receptor solar y equipos asociados en la parte superior de la torre, las centrales CSP de torre presentan algunas desventajas de las cuales la necesidad de utilizar bombas muy específicas, la concepción de intercambiadores de sales fundidas/agua-vapor y la necesidad de vigilar las temperaturas relativamente elevadas de las sales fundidas.

El documento WO 2011/018814 describe un procedimiento para poner bajo presión localmente un primer circuito por el cual circula un primer fluido calentado a una primera presión y proporcionar este primer fluido a un intercambiador de calor para intercambiar calor con un segundo fluido que circula por un segundo circuito con una segunda presión superior a la primera presión. Un medio de puesta bajo presión, tal como una bomba, está previsto en el primer circuito para aumentar la presión del primer fluido río arriba de la entrada en el intercambiador hasta una presión correspondiente a la del segundo fluido. En la línea de retorno del primer circuito está previsto un medio reductor de presión, tal como una válvula de mariposa, para disminuir la presión del primer fluido río abajo de la salida del intercambiador. Río abajo de la válvula de mariposa se introduce un motor hidráulico que comprende una turbina o una bomba centrífuga utilizada como una turbina. El motor hidráulico y la bomba de puesta bajo presión están conectados a un mismo motor eléctrico de velocidad variable en función sobre el mismo árbol. Así, el motor hidráulico accionado por el flujo de fluido bajo presión en retorno a partir del intercambiador de calor no solamente reduce la presión del fluido propiamente dicho sino que además proporciona la alimentación para hacer funcionar la bomba de puesta bajo presión, lo cual reduce por consiguiente el aporte de energía eléctrica externa.

Fines de la invención

La presente invención trata de salvar los inconvenientes del estado de la técnica.

En particular, la invención tiene por objeto reducir la absorción de potencia de las bombas de conducción del fluido caloportador a la parte superior de la torre central o compensar ésta por una recuperación de potencia en otro lugar.

Principales elementos característicos de la invención

Un primer objeto de la presente invención se refiere a un dispositivo que comprende al menos una bomba vertical y al menos una turbina asociada, para el transporte, sobre una diferencia de nivel, de un fluido caloportador llevado a alta temperatura, asegurando la bomba un movimiento ascendente de dicho fluido en una primera sección de un conducto a partir de un primer depósito llamado frío y la turbina que es accionada por el indicado fluido en el movimiento de retorno descendente de dicho fluido en una segunda sección del conducto hacia un segundo depósito llamado caliente, caracterizado por que el dispositivo comprende además un dispositivo mecánico de conexión de la turbina con la bomba, llamado dispositivo mecánico de conexión que comprende una caja de engranajes con un acoplamiento de Cardán situado al lado de la turbina, permitiendo a la energía mecánica producida por la turbina ser reutilizada para el accionamiento de la bomba.

Según modos de realización preferidos de la invención, el dispositivo comprende además una o una combinación adecuada de las características siguientes:

- la turbina es del mismo tipo que la bomba pero utilizada en sentido inverso;
- la bomba o la turbina es del tipo de eje vertical, mono- o multi-escalonada (multi)celular con ruedas de álabes radiales cerrados o semi-abiertos;
- la bomba o la turbina está situada por encima del depósito o es de cuerpo sumergido;
- la bomba y la turbina están concebidas para funcionar con una mezcla de sales fundidas seleccionadas entre el grupo constituido por el nitrato de sodio, el nitrato de potasio y el nitrato de litio;
- la bomba y la turbina están concebidas para funcionar con una mezcla de sales fundidas cuyas presiones pueden llegar hasta 60 bares;
- la bomba y la turbina están concebidas para funcionar con una mezcla de sales fundidas cuya temperatura se encuentra comprendida entre los 100 y los 600°C.

Un segundo objeto de la presente invención se refiere a una instalación de producción de energía de concentración solar que comprende:

- una pluralidad de heliostatos dispuestos en el suelo alrededor de una torre central de concentración, comprendiendo la indicada torre en su parte superior al menos un intercambiador termosolar;
- un primer circuito de transporte de sales fundidas a partir de un primer depósito de almacenado llamado frío hacia el indicado intercambiador y retorno hacia un segundo depósito de almacenado llamado caliente para las sales fundidas llevadas a alta temperatura, encontrándose el indicado intercambiador en la parte superior de la torre, es decir a una altura superior a la de los depósitos;
- un segundo circuito de generación de vapor por intercambio térmico con el primer circuito de sales fundidas y de producción de electricidad por medio de un sistema de turbina/generador;

caracterizada por que la instalación comprende además el dispositivo que comprende al menos una bomba vertical y al menos una turbina asociada como se ha descrito anteriormente.

Ventajosamente, la diferencia de nivel entre los depósitos de almacenado de sales fundidas y los intercambiadores en la parte superior de la torre es de al menos 150 m.

Breve descripción de las figuras

Ejemplos de realización según el estado de la técnica y la invención se describen en lo que sigue con más detalle con la ayuda de las figuras adjuntas.

La figura 1, ya mencionada, muestra esquemáticamente una central de concentración solar CSP del tipo de torre central, con circulación de sal fundida y conexión a un sistema convencional de producción de electricidad.

La figura 2 muestra una vista esquemática del sistema de conexión mecánico, según la invención, entre la bomba de conducción del fluido caloportador hacia la torre central y la turbina de recuperación de potencia al retorno del fluido caloportador hacia el depósito de almacenado.

Descripción de formas de realización preferidas de la invención

Según una forma de realización preferida de la presente invención, las bombas 3 y las turbinas de recuperación de potencia 4 están mecánicamente conectadas juntas con el fin de recuperar la energía con el mejor rendimiento posible.

El tipo de bomba necesaria para la aplicación de sal fundida según la invención es específico. Se encontrarán por ejemplo las características siguientes para tales bombas:

- eje vertical;
- construcción mono- o multi-escalonada (multi)celular con ruedas cerradas (o semi-abiertas);
- instalación por encima del depósito de sal, de preferencia de cuerpo sumergido, con el fin de simplificar el drenaje;
- construcción con árbol en voladizo posible si la profundidad de inmersión de la bomba, es decir la distancia entre la placa de asiento y el conducto de aspiración es lo suficientemente corta; en su defecto, necesidad de cojinetes intermediarios en la línea del árbol;
- estanqueidad del árbol con la placa de asiento realizada por un laberinto, con retorno por gravedad de las fugas hacia el depósito;
- motor eléctrico de frecuencia variable;
- utilización de materiales y de una construcción adecuada para soportar las altas temperaturas de las sales fundidas, etc. Los materiales utilizados serán por ejemplo resistentes a la corrosión y a la abrasión.

Tales bombas han sido ya utilizadas en el ámbito solar con colectores parabólicos en el suelo pero con presiones de fluido relativamente bajas.

La bomba debe dimensionarse teniendo en cuenta los tres parámetros siguientes: su longitud (aproximadamente 15 m por ejemplo), su velocidad variable y la fuerte potencia requerida.

Ventajosamente, según la invención, las turbinas de recuperación de potencia serán de la misma concepción, con eventualmente ruedas o álabes específicos. Basta en principio con hacer funcionar las bombas centrífugas en sentido inverso para encontrarse en modo turbina. La conexión mecánica bomba-turbina está asegurada por una caja de engranajes 21, con acoplamiento de Cardán 41por el lado de la turbina con el fin de permitir las dilataciones diferenciales entre la bomba 3 y la turbina 4.

En el estado de la técnica, se conocen únicamente sistemas de conexión en línea entre bomba horizontal y turbina, con embrague.

Desde luego, las turbinas 4 no pueden recuperar la totalidad de la potencia consumida por las bombas, vistos los rendimientos de las bombas y de las turbinas, jugando en sentido opuesto.

Siempre según la invención, la compensación de la diferencia de potencia estará asegurada por bombas eléctricas del mismo tipo (no representadas), por otro lado necesarias para vencer las pérdidas de carga y también para arrancar el sistema.

Lista de las referencias

1 Torre de concentración solar

2 Depósito de sal frio

3 Bomba de alimentación hacia la torre

4 Turbina de recuperación

5 Depósito de sal caliente

6 Bomba de circulación hacia el generador de vapor

7 Generador de vapor

8 Turbina (s)

9 Generador de electricidad

10 Condensador

11 Desaireador

12 Economizador

13 Caldera hirviente

14 Sobrecalentador

15 Recalentador

16 Bomba de mezcla

17 Circuito de sal fundida

18 Circuito de agua/vapor

20 Receptores solares e intercambiadores

21 Caja de engranajes

41 Arbol de Cardán

Tabla 1

		TORRE		**CICLO DE TURBINA**	
					Nominal
Tiempo	Horas	6		24	17,9
Almacenado	MWh term	2553	MWh elec	894	894
Potencia absorbida	MW	425	**Turbina**	37.3	50
Caudal de sal	Kg/s	970	**Hacia los intercambiadores**	242	325
Temp.del depósito frio	^{o}C	260	**Condensador T**	^{o}C	45,8
Temp. del depósito caliente	^{o}C	550	**Condensador P**	Bares	0,10
Peso de sal	Toneladas	20952	**Desaireador T**	^{o}C	105
Volumen	m^3	12040			
Diámetro	m	31			
Altura	m	16			
Caudal de vapor	Kg/s			30,8	41,2
Presión de vapor	Bares			120	120
Temp. de vapor	^{o}C			530	530
Presión de recalenta-miento	Bares			20	20
Temp. de recalenta-miento	^{o}C			530	530

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo que comprende al menos una bomba vertical (3) y al menos una turbina asociada (4), para el transporte, en una diferencia de nivel, de un fluido caloportador llevado a alta temperatura asegurando la bomba (3) un movimiento ascendente de dicho fluido en una primera sección de un conducto (17) a partir de un primer depósito llamado frío (2) y siendo la turbina (4) accionada por el indicado fluido durante el movimiento de retorno descendente de dicho fluido a una segunda sección del conducto (17) hacia un segundo depósito llamado caliente (5), **caracterizado por que** el dispositivo comprende además un dispositivo mecánico de conexión de la turbina (4) con la bomba (3), comprendiendo el indicado dispositivo mecánico de acoplamiento una caja de engranajes (21) con un acoplamiento de Cardán (41) situado al lado de la turbina (4), permitiendo a la energía mecánica producida por la turbina (4) ser reutilizada para el accionamiento de la bomba (3).

2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la turbina (4) es del mismo tipo que la bomba (3) pero utilizada en sentido inverso.

3. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado por que** la bomba (3) o la turbina (4) es del tipo de eje vertical, mono- o multi-escalonada (multi)celular con ruedas de álabes radiales cerrados o semi-abiertos.

4. Dispositivo según la reivindicación 3, **caracterizado por que** la bomba (3) o la turbina (4) está situada por encima del depósito o es de cuerpo sumergido.

5. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la bomba (3) y la turbina (4) están concebidas para funcionar con una mezcla de sales fundidas seleccionadas entre el grupo constituido por nitrato de sodio, nitrato de potasio y nitrato de litio.

6. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la bomba (3) y la turbina (4) están concebidas para funcionar con una mezcla de sales fundidas cuyas presiones pueden llegar hasta los 60 bares.

7. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la bomba (3) y la turbina (4) están concebidas para funcionar con una mezcla de sales fundidas cuya temperatura está comprendida entre los 100 y los 600°C.

8. Instalación de producción de energía de concentración solar que comprende:

- una pluralidad de heliostatos dispuestos en el suelo alrededor de una torre central (1) de concentración, comprendiendo la indicada torre en su cima al menos un intercambiador termosolar (20);

- un primer circuito (17) de transporte de sales fundidas a partir de un primer depósito de almacenado llamado frío (2) hacia el indicado intercambiador (20) y retorno hacia un segundo depósito de almacenado llamado caliente (5) para las sales fundidas llevadas a alta temperatura, encontrándose el indicado intercambiador (20) en la parte superior de la torre (1), es decir a una altura superior a la de los depósitos (2, 5);

- un segundo circuito (18) de generación de vapor por intercambio térmico con el primer circuito (17) de sales fundidas y de producción de electricidad por medio de un sistema de turbina/generador (7, 8, 9);

caracterizada por que la instalación comprende además el dispositivo que comprende al menos una bomba vertical (3) y al menos una turbina asociada (4) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

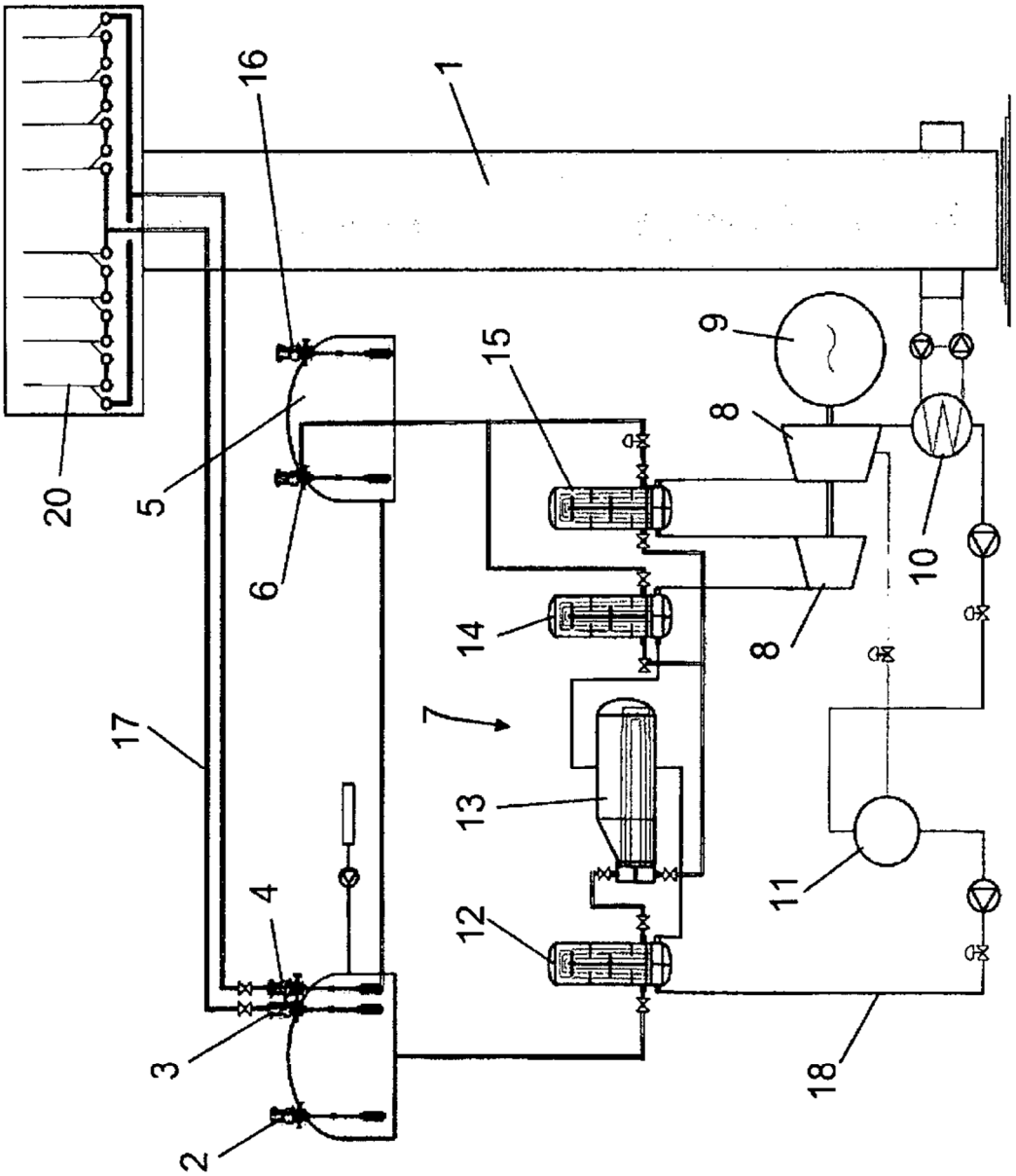

FIG.1

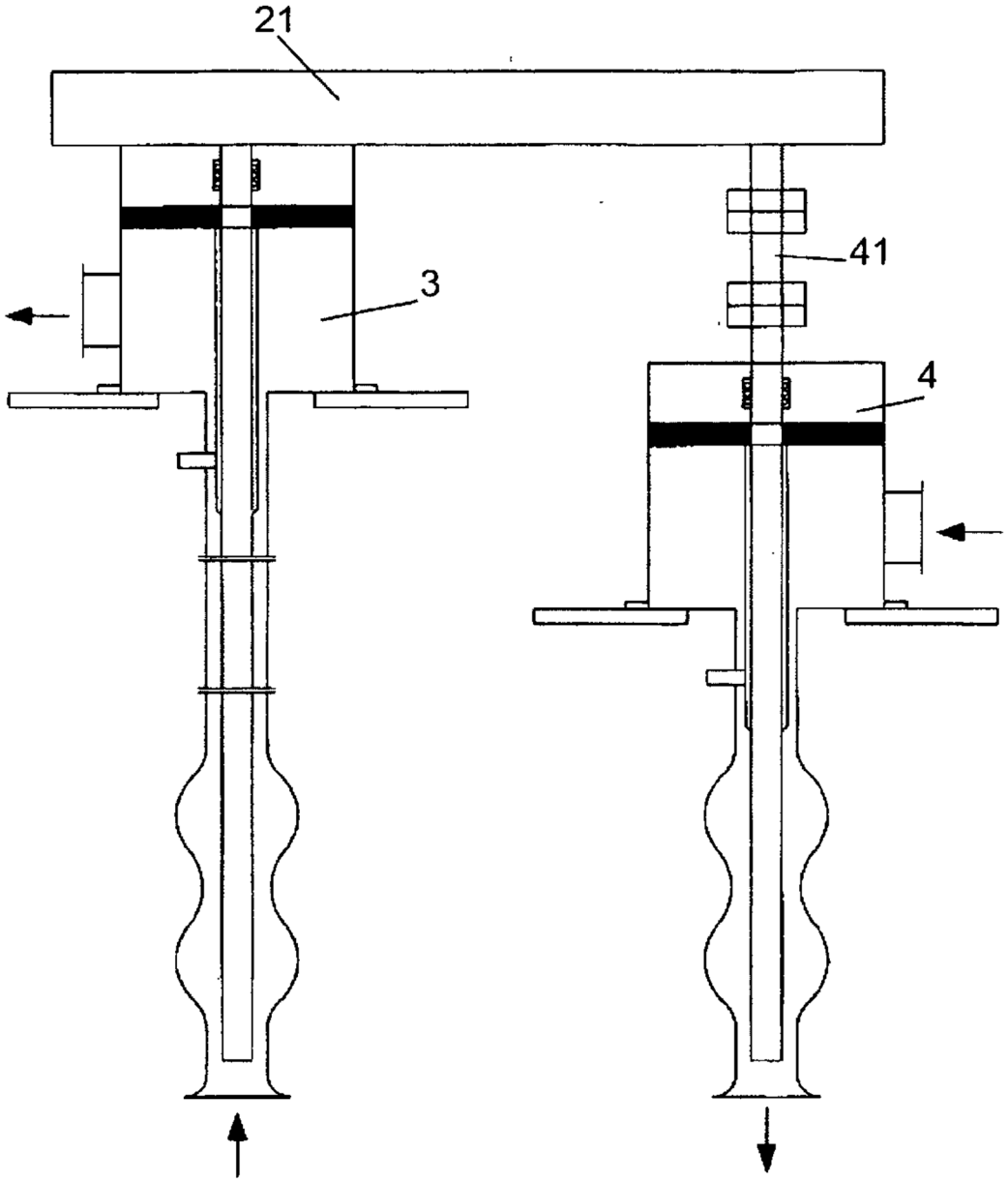

FIG.2