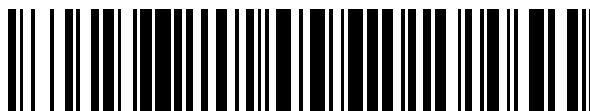


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 680 849**

51 Int. Cl.:

<b>F03G 3/00</b>	(2006.01)
<b>F03G 7/00</b>	(2006.01)
<b>F03G 7/08</b>	(2006.01)
<b>F04B 9/04</b>	(2006.01)
<b>F16H 57/12</b>	(2006.01)
<b>F02D 11/10</b>	(2006.01)
<b>F16H 47/02</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.05.2016 PCT/FR2016/051132**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **20.04.2017 WO17064379**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.05.2016 E 16727766 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 3177831**

54 Título: **Mecanismo de equilibrio para ahorro de energía, máquina rotatoria y procedimiento de implementación**

30 Prioridad:

**30.12.2015 WO PCT/FR2015/053769**  
**27.01.2016 WO PCT/FR2016/050166**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.09.2018**

73 Titular/es:

**GRANGER, MAURICE (100.0%)**  
**Urb. aldeia coelha, Vila Beatriz LT 3**  
**Albufeira 8200-385, PT**

72 Inventor/es:

**GRANGER, MAURICE**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 680 849 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**

Mecanismo de equilibrio para ahorro de energía, máquina rotatoria y procedimiento de implementación

5 La presente invención se refiere a un mecanismo de equilibrio para ahorro de energía en cualquier aplicación concebible, y especialmente en las maquinarias rotatorias.

La invención se refiere también a una máquina rotatoria, por ejemplo un motor, un generador o un mezclador, que comprende al menos uno de tales mecanismos. La invención se refiere en particular a un motor que comprende  
10 varios mecanismos.

La invención se refiere por último a un procedimiento de implementación de tal mecanismo.

15 En el campo de la mecánica, existen numerosos mecanismos de transmisión del movimiento (cf. EP 2 781 790 A1), tales como engranajes epicicloidales o cigüeñales, adaptados para equipar las maquinarias rotatorias. Sin embargo, los rendimientos obtenidos con los mecanismos conocidos no son totalmente satisfactorios.

El objetivo de la presente invención es proponer un mecanismo que permita ahorrar energía y mejorar el rendimiento de una máquina rotatoria.  
20

A tal fin, la invención tiene por objeto un mecanismo, que comprende: un soporte que incluye una base, un balancín suspendido en la base y unas bielas de suspensión articuladas en la base y en el balancín; una primera rueda dentada móvil en rotación con respecto al soporte alrededor de un primer eje; una segunda rueda dentada móvil en rotación con respecto al soporte alrededor de un segundo eje; un primer elemento excéntrico fijo en rotación con la primera rueda dentada y que genera un primer momento de fuerza gravitatoria alrededor del primer eje; un segundo elemento excéntrico fijo en rotación con la segunda rueda dentada y que genera un segundo momento de fuerza gravitatoria alrededor del segundo eje; y una biela de conexión que incluye una cabeza rotatoria montada en conexión de pivote en un primer árbol y una cabeza excéntrica montada en conexión de pivote excéntrica en un segundo árbol.  
25  
30

Según la invención, los ejes son paralelos en un plano de referencia horizontal o vertical. El balancín soporta los ejes de las ruedas dentadas y unos elementos excéntricos. Las bielas de suspensión están inclinadas según un ángulo comprendido entre 45 grados y 80 grados con respecto a un plano vertical. Para la biela de conexión, el primer árbol es ya sea un árbol que soporta una de las ruedas dentadas, ya sea un árbol fijado en la base, mientras que el segundo árbol es el otro árbol de entre el árbol que soporta una de las ruedas dentadas y el árbol fijado en la base. Las ruedas dentadas engranan la una con la otra con una relación de transmisión unitaria y son móviles en rotación en unos sentidos contrarios. Cuando el mecanismo está en funcionamiento, los elementos excéntricos describen un movimiento elíptico, mientras que el balancín describe un movimiento de oscilación que tiene una componente vertical y una componente horizontal. Los momentos de fuerza gravitatoria de los elementos excéntricos tienen un mismo valor y un mismo sentido, variables según su posición angular alrededor de los ejes. Para cada posición angular de las ruedas dentadas y de los elementos excéntricos alrededor de los ejes, el mecanismo presente una configuración de equilibrio en reposo.  
35  
40

Así, la invención permite generar energía gracias a las fuerzas de centrifugación que resultan de los movimientos de los elementos excéntricos y a las fuerzas de empuje o tracción que resultan de los movimientos del balancín.  
45

El equilibrado de los elementos excéntricos y las fuerzas centrífugas que generan permite reducir la energía necesaria para accionar las ruedas dentadas y los elementos excéntricos en rotación. Cuanto más aumentan las fuerzas centrífugas, más se facilita esta rotación.  
50

La inclinación de las bielas de suspensión permite modificar el centro de gravedad del mecanismo, en comparación con unas bielas que estuvieran dispuestas verticalmente en equilibrio. La energía de empuje o de tracción del balancín es muy superior a la fuerza inicial de accionamiento en rotación de los elementos excéntricos. Una vez en movimiento el mecanismo, la energía centrífuga generada por los elementos excéntricos es muy superior a la energía de empuje o tracción del balancín.  
55

Según otras características ventajosas del mecanismo según la invención, tomadas individualmente o en combinación:

- 60 - Los elementos excéntricos tienen una misma masa y mismas dimensiones.
- Las ruedas dentadas comprenden una primera rueda que tiene un diente más largo que los otros dientes y una segunda rueda que tiene una ranura formada entre dos dientes, y el diente más largo y la ranura coinciden en el momento del engranaje de las ruedas dentadas, para permitir la alineación de los elementos excéntricos.
- 65 - El mecanismo comprende un árbol de transmisión que tiene un eje alineado con las articulaciones superiores de las bielas de suspensión.

- Se define una primera distancia entre el extremo distal de cada elemento excéntrico y el eje de rotación correspondiente. Se define una segunda distancia igual a la distancia entre ejes de las bielas de suspensión. La primera distancia es inferior a la segunda distancia, de manera que los elementos excéntricos pasan bajo el árbol de transmisión.
- 5 - El mecanismo comprende unos medios de arranque, que incluye, por ejemplo, una cadena o un sistema de engranajes, diseñados para accionar en rotación una de las ruedas dentadas.
- Los medios de arranque comprenden un motor.
- Los medios de arranque comprenden una manivela.
- 10 - El mecanismo carece de medios de arranque dedicados del o de los mecanismos. En este caso, el arranque del o de los mecanismos puede realizarse por sencillo empuje sobre el o los balancines o sobre uno de los elementos excéntricos.
- El mecanismo comprende unos medios de recuperación de energía en funcionamiento, por ejemplo, en forma de un generador o de un motor generador.
- 15 - Cuando los unos medios de recuperación de energía comprenden un generador, la máquina comprende preferentemente unos medios de arranque del mecanismo, que incluyen un motor o una manivela. Esto permite superar la resistencia al arranque relacionada con la presencia del generador.
- Para fijar la biela de conexión, el primer árbol soporta una de las ruedas dentadas, mientras que el segundo árbol está fijo en la base.
- 20 - Para fijar la biela de conexión, el primer árbol está fijo en la base, mientras que el segundo árbol soporta una de las ruedas dentadas.
- Los ejes de las ruedas dentadas son horizontales.
- El plano de referencia es horizontal.
- El plano de referencia es vertical.
- 25 La invención también se refiere a una máquina rotatoria, que comprende al menos un mecanismo como se ha mencionado anteriormente.

Preferentemente, la máquina rotatoria es una máquina de producción o transformación de energía, que presenta un rendimiento mejorado. Ventajosamente, esta máquina carece de cigüeñal.

- 30 A modo de ejemplos no limitativos, la máquina rotatoria puede ser un motor, un generador, un mezclador, una centrífuga, un compresor, una bomba o una turbina.
- 35 Cuando la máquina es un motor de combustión interna, los elementos excéntricos que equipan el mecanismo se encuentran en dos posiciones de centrifugación máxima, cada una correspondiente a una combustión de gas en el motor.

Según un modo de realización ventajoso, la máquina comprende al menos un par de mecanismos dispuestos en serie y sincronizados. Los mecanismos están alineados y se mueven en fase inversa.

- 40 Cada mecanismo comprende su propio árbol de transmisión que tiene un eje alineado con las articulaciones superiores de las bielas de suspensión.

Según otro modo de realización ventajoso, la máquina comprende varios pares de mecanismos, dispuestos en serie y sincronizados en cada par. Los pares están dispuestos en paralelo y sincronizados entre sí.

- 45 La máquina comprende dos árboles de transmisión, cada uno acoplado a los diferentes mecanismos dispuestos en paralelo según una fila.
- 50 Ventajosamente, la máquina comprende un único árbol de recuperación de energía.

Según otro modo de realización ventajoso, la máquina es un motor de dos tiempos que comprende dos mecanismos. Los dos primeros elementos excéntricos están dispuestos con una separación de media vuelta, y los dos segundos elementos excéntricos están dispuestos con una separación de media vuelta.

- 55 Según otro modo de realización ventajoso, la máquina es un motor de cuatro tiempos que comprende cuatro mecanismos. Los cuatro primeros elementos excéntricos están dispuestos con una separación de un cuarto de vuelta, e incluso los cuatro segundos elementos excéntricos están dispuestos con una separación de un cuarto de vuelta.
- 60 Preferentemente, cuando la máquina comprende varios mecanismos con balancín, la base es común a todos los balancines. En otras palabras, todos los balancines están suspendidos en la misma base.

La invención también tiene por objeto un procedimiento de implementación de un mecanismo como se ha descrito anteriormente, que comprende las siguientes etapas sucesivas:

- 5 - una etapa de posicionamiento de los elementos excéntricos uno respecto al otro y respecto a las ruedas dentadas, de manera que los momentos de fuerza gravitatoria de los elementos excéntricos tienen un mismo valor y un mismo sentido, variables según su posición angular alrededor de los ejes, y que para cada posición angular de las ruedas dentadas y de los elementos excéntricos alrededor de los ejes, el mecanismo presenta una configuración de equilibrio en reposo;
- 10 - una etapa de arranque de la rotación de las ruedas dentadas y de los elementos excéntricos alrededor de los ejes, en la que el mecanismo deja la configuración de equilibrio y se pone en movimiento; y
- una etapa de funcionamiento, en la que la rotación de los elementos excéntricos alrededor de los ejes genera fuerzas centrífugas en el mecanismo, los elementos excéntricos describen un movimiento elíptico, mientras que el balancín describe un movimiento de oscilación que tiene una componente vertical y una componente horizontal.

15 La invención se comprenderá mejor a partir de la lectura de la siguiente descripción, dada únicamente a modo de ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos anexos, en los que:

- 20 - la figura 1 es una vista lateral de un mecanismo acorde con un primer modo de realización de la invención, comprende un soporte con balancín, dos ruedas dentadas, dos elementos excéntricos y una biela de conexión;
- la figura 2 es una vista superior parcial, ampliada, del balancín, que equipa el mecanismo de la figura 1;
- la figura 3 es una vista en detalle parcial del engranaje entre las dos ruedas dentadas del mecanismo;
- la figura 4 es una vista lateral de la biela de conexión que equipa la máquina de las figuras 1 y 2;
- 25 - las figuras 5 a 12 son representaciones esquemáticas del mecanismo de las figuras 1 y 2, que ilustran los movimientos de las ruedas dentadas y elementos excéntricos;
- las figuras 13 a 16 son representaciones esquemáticas análogas a las figuras 5 a 8, para un mecanismo acorde con un segundo modo de realización de la invención;
- la figura 17 es una vista superior que muestra una variante de acoplamiento de la biela de conexión sobre el mecanismo;
- 30 - la figura 18 es una vista análoga a la figura 2, para un mecanismo acorde con un tercer modo de realización de la invención;
- la figura 19 es una vista análoga a la figura 1 que muestra un ejemplo de máquina acorde con la invención, equipada con dos mecanismos en serie;
- la figura 20 es una vista superior de la máquina de la figura 1;
- 35 - la figura 21 es una vista análoga a la figura 18, que muestra un segundo ejemplo de máquina acorde con la invención;
- la figura 22 es una vista análoga a la figura 19, que muestra un tercer ejemplo de máquina acorde con la invención;
- la figura 23 es una vista análoga a la figura 18, que muestra un cuarto ejemplo de máquina acorde con la invención; y
- 40 - la figura 24 es una vista análoga a la figura 19, que muestra un quinto ejemplo de máquina acorde con la invención, equipada en paralelo con dos pares de mecanismos en serie.

45 En las figuras 1 a 12 se representa un mecanismo 1 de equilibrio para ahorro de energía, acorde con un primer modo de realización de la invención.

50 El mecanismo 1 comprende un soporte 2, un primer conjunto 10 móvil en rotación R1 alrededor de un primer eje A1, un segundo conjunto 20 móvil en rotación R2 alrededor de un segundo eje A2, un dispositivo 40 de arranque del mecanismo 1, un árbol de soporte 53 y una biela de conexión 60. Los ejes A1 y A2 son paralelos entre sí, horizontales y dispuestos en un plano de referencia P0 que es horizontal. Los conjuntos 10 y 20 son contrarrotatorios.

55 El soporte 2 comprende una base fija 3 y un balancín móvil 4, que está posicionado horizontalmente y suspendido en la base 3 por cuatro bielas 5. Cada biela de suspensión 5 está articulada tanto en la base 3 como en el balancín 4, por conexiones de pivotes de ejes paralelos a los ejes A1 y A2. El balancín 4 es móvil en traslación circular con respecto al soporte 3, sobre un trayecto restringido de oscilación. Las bielas 5 están articuladas en los ángulos del balancín 4. Las bielas 5 están inclinadas según un ángulo de 45 grados con respecto a un plano vertical.

60 La base 3 comprende dos pies verticales 6 y un montante horizontal superior 7. Las bielas 5 están articuladas sobre el montante 7. Como alternativa, la base 3 puede incluir dos montantes 7. Como complemento, la base 3 puede incluir uno o varios montantes horizontales inferiores.

65 El balancín 4 comprende tres placas longitudinales 8 y barras transversales 9 fijadas a los extremos de las placas longitudinales 8. Las bielas 5 están articuladas sobre las placas 8 exteriores. Las placas 8 del balancín 4 soportan los conjuntos 10 y 20. Más específicamente, el conjunto 10 está soportado por la placa 8 intermedia y la placa 8

delantera a través de los cojinetes 15, el conjunto 20 está soportado por la placa 8 intermedia y la placa 8 trasera a través de los cojinetes 25. Los ejes A1 y A2 se fijan con respecto al balancín 4.

5 El conjunto 10 comprende un árbol 11, una rueda dentada 12 provista de dientes 13, un cilindro 14 y cojinetes 15. El árbol 11, la rueda 12 y los cojinetes 15 están centrados en el eje A1, mientras que el cilindro 14 constituye un elemento excéntrico, que tiene un centro de gravedad G1 excéntrico de una distancia d1 con respecto al eje A1. La rueda 12 y el cilindro 14 están montados sobre el árbol 11, que está soportado por los cojinetes 15 montados en las placas 8 del balancín 4. La rueda 12 es móvil en rotación R1 con respecto al balancín 4 alrededor del eje A1.

10 El cilindro 14 está fijado en rotación R1 de la rueda 12 y genera un momento M1 de fuerza gravitatoria P1 alrededor del eje A1. La fuerza P1 es esencialmente constante. Por el contrario, el momento M1 tiene un valor y un sentido (de las agujas del reloj o contrario a las agujas del reloj) que son variables en función de la posición angular del cilindro 14 alrededor del eje A1.

15 El conjunto 20 comprende un árbol 21, una rueda dentada 22 provista de dientes 23, un cilindro 24 y los cojinetes 25. El árbol 21, la rueda 22 y los cojinetes 25 están centrados en el eje A2, mientras que el cilindro 24 constituye un elemento excéntrico, que tiene un centro de gravedad G2 excéntrico de una distancia d2 con respecto al eje A2. La rueda 22 y el cilindro 24 están montados sobre el árbol 21, que está soportado por los cojinetes 25 montados en las placas 8 del balancín 4. La rueda 22 es móvil en rotación R2 con respecto al balancín 4 alrededor del eje A2.

20 El cilindro 24 está fijo en rotación R2 con la rueda 14 y genera un momento M2 de fuerza gravitatoria P2 alrededor del eje A2. La fuerza P2 es esencialmente constante. Por el contrario, el momento M2 tiene un valor y un sentido (de las agujas del reloj o contrario a las agujas del reloj) que son variables en función de la posición angular del cilindro 24 alrededor del eje A2.

25 Las ruedas 12 y 22 se engranan entre sí con una relación de transmisión unitaria. Las ruedas 12 y 22 tienen las mismas dimensiones y el mismo número de dientes 13 y 23. Las ruedas 12 y 22 son móviles en rotación R1 y R2 en sentido contrario. En otras palabras, las ruedas 12 y 22 son contrarrotatorias.

30 Como se muestra en la figura 3, la rueda 12 tiene un diente 13a más largo que los otros dientes 13, mientras que la rueda 22 tiene una ranura 23a formada entre dos dientes 23. El diente 13a y la ranura 23a de posicionamiento pueden presentar diferentes formas sin salirse del contexto de la invención.

35 En la práctica, el diente 13a y la ranura 23a coinciden durante el engranaje de las ruedas dentadas 12 y 22, lo que permite la alineación de los cilindros 14 y 24 y, por lo tanto, el equilibrado preciso del mecanismo 1.

40 Por ejemplo, las ruedas dentadas 12 y 22 y los cilindros 14 y 24 pueden estar provistos de agujeros de fijación dispuestos frente por frente, no representados en las diferentes figuras en aras de la simplificación. De este modo, el diente 13a y la ranura 23a facilitan la alineación de estos agujeros de fijación.

45 En el contexto de la invención, los cilindros 14 y 24 están posicionados con precisión uno con respecto al otro y con respecto a las ruedas 12 y 14, de manera que los momentos M1 y M2 siempre tienen el mismo valor y el mismo sentido (de las agujas del reloj o contrario a las agujas del reloj), cualesquiera que sean las respectivas posiciones angulares de los cilindros 14 y 24 alrededor de los ejes A1 y A2.

50 La masa y las dimensiones de los cilindros 14 y 24 se determinan con precisión, ya que influyen en la posición de los centros de gravedad G1 y G2, y por tanto en el valor de los momentos M1 y M2. La masa de cada cilindro 14 y 24 es proporcional a sus dimensiones, con una densidad constante. Preferentemente, los cilindros 14 y 24 tienen la misma masa y las mismas dimensiones. Alternativamente, los cilindros 14 y 24 pueden tener diferentes masas y dimensiones, mientras que los momentos M1 y M2 tienen el mismo valor y el mismo sentido (de las agujas del reloj o contrario a las agujas del reloj), independientemente de sus respectivas posiciones angulares.

55 El dispositivo 40 de arranque del mecanismo 1 está diseñado para iniciar la rotación R1 y R2 de los conjuntos 10 y 20, desde un estado de equilibrio del mecanismo 1. El dispositivo 40 puede presentar cualquier configuración adecuada a la aplicación contemplada.

60 En el ejemplo de las figuras 1 y 2, el dispositivo 40 comprende un motor 41, una correa 42, un árbol de transmisión 43, una rueda dentada 44, una cadena dentada 45 y una rueda dentada 46. El motor 41 está dispuesto en el montante 7 de la base 3. El árbol 43 está soportado en sus extremos por la base 3 y es móvil en rotación alrededor de un eje A3, que está verticalmente alineado con las articulaciones superiores de las bielas 5. El eje A3 está dispuesto horizontalmente, paralelo a los ejes A1 y A2. La correa 42 conecta el motor 41 al árbol 43. La rueda 44 está montada fijamente en rotación con el árbol 43, mientras que la rueda 46 está montada fijamente en rotación con el árbol 21. Alternativamente, la rueda 46 puede ser montada fijamente en rotación con el árbol 11. La cadena 45 conecta las ruedas 44 y 46, cuya distancia entre ejes es igual a la distancia entre ejes de las bielas 5. Según otra alternativa, las ruedas dentadas 44 y 46 así como la cadena 45 pueden ser reemplazadas por un sistema de cardán,

o cualquier otro sistema de transmisión de movimiento adecuado a la aplicación contemplada. Así, el arranque del motor 41 permite accionar los conjuntos 10 y 20 en rotación R1 y R2.

5 Como se muestra en particular en la figura 4, la biela de conexión 60 comprende un cuerpo 61 central que conecta dos cabezas 62 y 63 situadas en sus extremos longitudinales. La cabeza 60 está montada en conexión de pivote sobre un árbol 53 fijado en la base 3, sobre uno de los pies 6. La cabeza 63 está conformada como excéntrica y montada en conexión de pivote excéntrico sobre el árbol 21. Alternativamente, según una configuración diferente del mecanismo 1, la cabeza 63 puede estar montada en conexión de pivote excéntrico sobre el árbol 11.

10 La cabeza rotatoria 62 y la cabeza excéntrica 63 comprenden cada una una parte anular 64 en la que está alojado un rodamiento 65. Alternativamente, esta parte anular 64 puede incluir cualquier tipo de cojinete adaptado para la aplicación considerada. Cada rodamiento 65 comprende un anillo externo 651, un anillo interno 652 y una fila de bolas 653.

15 La cabeza rotatoria 62 comprende un manguito anular 66 que incluye un orificio 67 de recepción del árbol 53. El manguito 66 está fijo en el árbol 53 y es móvil en rotación en el rodamiento 64.

20 La cabeza excéntrica 63 comprende un manguito excéntrico 68 que incluye un orificio excéntrico 69 de recepción del árbol 21. El manguito 68 está fijo en el árbol 21 y es móvil en rotación en el rodamiento 64.

Alternativamente, la biela 60 puede estar conformada de manera diferente sin salirse del contexto de la invención.

25 La biela 60 encaja las fuerzas de empuje o de tracción generadas por el balancín 4 en el transcurso del funcionamiento del mecanismo 1. Además, la biela 60 hace rígido el mecanismo 1 y permite una importante reducción de las vibraciones.

30 En la práctica, el movimiento del mecanismo 1 permite recuperar la energía en el árbol 43, por ejemplo mediante el acoplamiento de este árbol 43 a un generador. Alternativamente, el motor 41 puede estar configurado como un motor-generador, diseñado para proporcionar energía al arranque del mecanismo 1, después recuperar energía cuando el mecanismo 1 está en funcionamiento. El árbol 43 constituye así pues un árbol de recuperación de energía.

35 Como variante no representada, el mecanismo 1 puede estar desprovisto de dispositivo de motor 41 y correa 42 que constituyen los medios de arranque. En este caso, el arranque del mecanismo 1 puede realizarse ejerciendo un simple empuje en un lado del balancín 4, o en uno de los cilindros 14 y 24. La energía necesaria para poner en marcha el mecanismo 1 es muy baja. Preferentemente, el mecanismo 1 contiene sin embargo los mismos elementos 43, 44, 45 y 46.

40 Para permitir el correcto funcionamiento del mecanismo 1, la distancia entre el extremo distal de cada cilindros 14 y 24 y su eje de rotación A1 o A2 es inferior a la distancia entre ejes entre las articulaciones de las bielas 5, de manera que los cilindros 14 y 24 pueden pasar bajo del árbol de transmisión 43.

45 Las figuras 5 a 12 ilustran el funcionamiento del mecanismo 1 en una vuelta. En particular, las figuras 5 a 8 ilustran una media vuelta durante la cual los cilindros 14 y 24 son móviles en el lado derecho del balancín 4, mientras que las figuras 9 a 12 ilustran una media vuelta durante la cual los cilindros 14 y 24 son móviles en el lado izquierdo del balancín 4.

50 La figura 5 muestra el cilindro 14 posicionado hacia arriba y el cilindro 24 posicionado hacia abajo. El mecanismo 1 está en equilibrio. Las ruedas 12 y 22 son inmóviles. Los momentos M1 y M2 son inexistentes.

55 En esta fase, el dispositivo 40 permite arrancar el movimiento del mecanismo 1, con un engranaje de las ruedas 12 y 22, de manera que los cilindros 14 y 24 se desplazarán a la derecha. El vaivén del cilindro 14 ayuda a la rueda 12 a girar en el sentido de rotación R1, lo que permite accionar la rueda 22 en el sentido de rotación R2, y así levantar el cilindro 24.

60 La figura 6 muestra los cilindros 14 y 24, habiendo efectuado cada uno un octavo de vuelta en el lado derecho. La figura 7 muestra los cilindros 14 y 24, habiendo efectuado cada uno un cuarto de vuelta en el lado derecho. La figura 8 muestra los cilindros 14 y 24, habiendo efectuado cada uno tres cuartos de vuelta en el lado derecho. En cada instante, los momentos M1 y M2 tienen el mismo valor y el mismo sentido (de las agujas del reloj). Bajo la acción de los cilindros 14 y 24, el balancín 4 es accionado en el lado derecho y hacia arriba. Una fuerza de empuje se transmite entonces por la biela 60 al árbol 53.

65 La figura 9 muestra los cilindros 14 y 24, habiendo efectuado cada uno una media vuelta en relación a su posición inicial de la figura 5. El cilindro 14 está posicionado hacia abajo, mientras que el cilindro 24 está posicionado hacia arriba. Los momentos M1 y M2 son inexistentes. Las ruedas 12 y 22 están en movimiento, de manera que los

cilindros 14 y 24 se desplazarán hacia la derecha. El vaivén del cilindro 24 ayuda a la rueda 22 a girar en el sentido de rotación R2, lo que permite ayudar a la rueda 22 a girar en el sentido de rotación R1, y elevar así el cilindro 14.

La figura 10 muestra los cilindros 14 y 24, habiendo efectuado cada uno un octavo de vuelta en el lado izquierdo. La figura 11 muestra los cilindros 14 y 24, habiendo efectuado cada uno un cuarto de vuelta en el lado izquierdo. La figura 12 muestra los cilindros 14 y 24, habiendo efectuado cada uno tres cuartos de vuelta en el lado izquierdo. En cada instante, los momentos M1 y M2 tienen el mismo valor y el mismo sentido (contrario a las agujas del reloj). Bajo la acción de los cilindros 14 y 24, el balancín 4 es accionado en el lado izquierdo y hacia abajo. Una fuerza de tracción se transmite entonces por la biela 60 al árbol 53.

A medida que los conjuntos 10 y 20 pivotan alrededor de los ejes A1 y A2, los cilindros 14 y 24 son, por tanto, situados a veces en el lado derecho y a veces en el lado izquierdo. En la práctica, la rotación R1 y R2 de los cilindros 14 y 24 genera fuerzas centrífugas en el mecanismo 1. El balancín 4 se desplaza a veces al lado derecho y hacia arriba, a veces al lado izquierdo y hacia abajo, estando suspendido en la base 3 por las bielas 5 inclinadas a 45 grados. El balancín 4 describe un movimiento de oscilación que tiene una componente vertical y una componente horizontal. Por lo tanto, los cilindros 14 y 24 describen un movimiento elíptico en vez de un movimiento circular.

El mecanismo 1 sigue un movimiento oscilatorio en dos tiempos. Las fuerzas centrífugas son máximas cuando los cilindros 14 y 24 se cruzan, en las figuras 7 y 11. Cada tiempo corresponde a una media vuelta (180°) de los cilindros 14 y 24 entre sus posiciones de centrifugación máxima.

La inclinación de las bielas 5 permite modificar el centro de gravedad del mecanismo 1, en comparación con unas bielas 5 que estuvieran dispuestas verticalmente en equilibrio. La energía de empuje o de tracción del balancín 4 es muy superior a la fuerza inicial de accionamiento en rotación de los cilindros 14 y 24. Una vez en movimiento el mecanismo 1, la energía centrífuga generada por los cilindros 14 y 24 es muy superior a la energía de empuje o tracción del balancín 4.

En vista de las explicaciones anteriores, es notable que para cada posición angular de las ruedas dentadas 12 y 22 y de los cilindros 14 y 24 alrededor de los ejes A1 y A2, el mecanismo 1 presenta una configuración de equilibrio en reposo. En otras palabras, al considerar el mecanismo 1 en parada en cualquier posición angular de los conjuntos 10 y 20, entonces el mecanismo 1 se encuentra en una configuración de reposo. El mecanismo 1 está equilibrado, lo que reduce enormemente la energía requerida para hacer girar los conjuntos 10 y 20.

Otros modos de realización de la invención se muestran en las figuras 13 a 24. Algunos elementos constitutivos del mecanismo 1 son comparables a los del primer modo de realización descrito más arriba y, en aras de la simplificación, llevan las mismas referencias numéricas.

Las figuras 13 a 16 ilustran el funcionamiento de un mecanismo 1 acorde con un segundo modo de realización. Los ejes A1 y A2 son paralelos entre sí y horizontales. Por el contrario, los ejes A1 y A2 están dispuestos en un plano de referencia P0 que es vertical. Los elementos excéntricos 14 y 24 están constituidos por unos brazos alargados y no unos cilindros.

También en este modo de realización, los brazos 14 y 24 están posicionados con precisión uno con respecto al otro y con respecto a las ruedas 12 y 14, de manera que los momentos M1 y M2 siempre tienen el mismo valor y el mismo sentido (de las agujas del reloj o contrario a las agujas del reloj), cualesquiera que sean las respectivas posiciones angulares de los brazos 14 y 24 alrededor de los ejes A1 y A2.

Sólo el posicionamiento de los brazos 14 y 24 del lado derecho se ilustra en las figuras 13 a 16, mientras que no se ilustra el posicionamiento de los brazos 14 y 24 del lado izquierdo, en aras de la simplificación.

La figura 17 ilustra una variante de acoplamiento de la biela de conexión 60 con el árbol 21. La cabeza excéntrica 63 está constituida por una cabeza rotatoria 62 tradicional y por una pieza excéntrica 70 interpuesta entre el árbol 21 y la cabeza 62.

La pieza 70 comprende un cuerpo 71 alargado y una manecilla 72 cilíndrica fija en el cuerpo 71. Un orificio 73 está formado en el cuerpo 71. El árbol 21 está dispuesto en el orificio 73 y fijo en el cuerpo 71, por ejemplo, con la ayuda de una chaveta 74 o por cualquier otro medio. El árbol 21 y el orificio 73 están centrados sobre el eje A2. La manecilla 72 está dispuesta en el orificio 67 del manguito 66, centrada sobre un eje AO. Este eje AO constituye el eje de rotación del eje A2 en el transcurso del movimiento del mecanismo 1.

La figura 18 ilustra el funcionamiento de un mecanismo 1 acorde con un tercer modo de realización.

La cabeza rotatoria 62 de la biela 60 está montada con conexión de pivote sobre el árbol 21, mientras que la cabeza excéntrica 63 está montada con conexión de pivote excéntrico sobre el árbol 53 fijado en la base 3. Alternativamente, según una configuración diferente del mecanismo 1, la cabeza 62 puede estar montada con conexión de pivote sobre el árbol 22.

En este modo de realización, el movimiento del mecanismo 1 permite recuperar energía al nivel del árbol 53, por ejemplo, acoplado este árbol 53 a un generador 58. El árbol 53 constituye de este modo un árbol de recuperación de energía.

5 En la práctica, un solo mecanismo 1 permite constituir un motor. Sin embargo, es preferible fabricar un motor mediante la combinación de múltiples mecanismos 1 sincronizados, como se detalla a continuación.

10 Las figuras 19 y 20 ilustran un ejemplo de máquina rotatoria acorde con la invención, del tipo motor de dos tiempos. El motor comprende dos mecanismos 1, cada uno provisto de su propio balancín 4. Los mecanismos 1 están dispuestos en serie, es decir, alineados en la prolongación uno del otro, en el sentido de desplazamiento de los balancines 4.

15 La base 3 es común a los dos mecanismos 1. En otras palabras, la base 3 soporta cada uno de los balancines 4, suspendidos en serie. La base 3 comprende cuatro pies 6 laterales y dos pies 6 centrales. Las bielas de suspensión 5 están inclinadas a 45 grados, de modo que los balancines 4 se acerquen a los pies 6 centrales. Los elementos excéntricos 14 y 24 son unos brazos alargados.

20 Cada mecanismo 1 comprende su propio árbol de transmisión 43 que tiene un eje alineado A3 con las articulaciones superiores de las bielas 5. En cambio, una sola manivela 141 es necesaria para el arranque de los mecanismos 1. Alternativamente, la manivela 141 puede sustituirse por un motor 41 o bien la máquina puede carecer de medios de arranque de los mecanismos 1.

25 La máquina comprende un dispositivo 50 intermedio entre los dispositivos 40 de los dos mecanismos 1. Este dispositivo 50 puede utilizarse para la transmisión de movimiento entre los dos dispositivos 40, así como para la recuperación de energía.

30 En el ejemplo de las figuras 19 y 20, el dispositivo 50 comprende dos ruedas dentadas 51, dos cadenas dentadas 52, un árbol 53 y dos ruedas dentadas 54. El árbol 53 está soportado en sus extremos por la base 3, más precisamente por los dos pies 6 centrales de la base 3. El árbol 53 es móvil en rotación alrededor de un eje A4, que está dispuesto horizontalmente, paralelo a los ejes A1, A2 y A3. Las ruedas 51 están montadas fijas en rotación con los árboles 42 de los dos mecanismos 1, mientras que las ruedas 54 están montadas fijas en rotación con el árbol 53. Las cadenas 52 conectan las ruedas 51 y las ruedas 54.

35 Cada mecanismo 1 incluye una biela de conexión 60 que tiene una cabeza rotatoria 62 montada sobre el árbol 21 y una cabeza excéntrica 63 montada sobre el árbol 53.

Cuando la máquina está en funcionamiento, los dos mecanismos 1 funcionan en fase inversa. Simultáneamente, los balancines 4 ejercen a veces una fuerza de empuje, a veces una fuerza de tracción, sobre el árbol 53.

40 El movimiento de los mecanismos 1 permite recuperar energía al nivel del árbol 53, por ejemplo, acoplado este árbol 53 a un generador 58. El árbol 53 constituye entonces un árbol de recuperación de energía.

45 La inclinación de las bielas 5 permite modificar el centro de gravedad de los mecanismos 1, en comparación con unas bielas 5 que estuvieran dispuestas verticalmente en equilibrio. La energía de empuje o de tracción de los balancines 4 es muy superior a la fuerza inicial de accionamiento en rotación de los elementos excéntricos 14 y 24. Una vez en movimiento los mecanismos 1, la energía centrífuga generada por los elementos excéntricos 14 y 24 es muy superior a la energía de empuje o tracción de los balancines 4.

50 La figura 21 ilustra un segundo ejemplo de máquina acorde con la invención, correspondiente a una variante de las figuras 19 y 20.

El dispositivo 50 comprende dos ruedas dentadas 51 y una cadena dentada 52. Las ruedas 51 están montadas fijas en rotación con los árboles 43, mientras que las cadenas 52 conectan las ruedas 51 de los dos mecanismos 1.

55 El árbol 53 está fijado en los pies 6 centrales y no pertenece al dispositivo 50.

Cada mecanismo 1 incluye una biela de conexión 60 que tiene una cabeza rotatoria 62 montada sobre el árbol 53 y una cabeza excéntrica 63 montada sobre el árbol 21.

60 El movimiento de los mecanismos 1 permite recuperar energía al nivel de los árboles 43. En el ejemplo de la figura 21, el árbol 43 del mecanismo 1 de la derecha está acoplado a un generador 58. Alternativamente, el motor 41 puede estar configurado como un motor-generador, diseñado para proporcionar energía al arranque de la máquina, después recuperar energía cuando la máquina está en funcionamiento.

65



## ES 2 680 849 T3

La figura 22 ilustra un tercer ejemplo de máquina acorde con la invención, correspondiente igualmente a una variante de las figuras 19 y 20.

5 La máquina comprende una biela de conexión 160 común a los dos mecanismos 1. Esta biela 60 comprende una cabeza rotatoria 62 central montada con conexión de pivote sobre el árbol 53 y dos cabezas excéntricas 63 de extremos montados con conexión de pivoto excéntrico sobre los árboles 21 de los dos mecanismos 1.

10 La figura 23 ilustra un cuarto ejemplo de máquina acorde con la invención, correspondiente igualmente a una variante de las figuras 19 y 20.

Las bielas de suspensión 5 están inclinadas a 45 grados, de modo que los balancines 4 estén alejados de los pies 6 centrales. Por consiguiente, las cadenas 45 y 52, así como las bielas 60 están más alejadas. El árbol 53 constituye un árbol de recuperación de energía.

15 La figura 24 ilustra un quinto ejemplo de máquina rotatoria acorde con la invención, del tipo motor de cuatro tiempos. El motor comprende cuatro mecanismos 1 según la invención, cada uno provisto de su propio balancín 4.

20 El motor comprende dos pares de mecanismos 1. En cada par, los mecanismos 1 están dispuestos en serie y sincronizados. Los pares están dispuestos en paralelo y sincronizados entre sí.

La base 3, no representada en aras de la simplificación, es común a todos los mecanismos 1.

25 El motor comprende dos árboles de transmisión, no representados en aras de la simplificación. Un árbol de transmisión está acoplado a los mecanismos dispuestos en paralelo del lado izquierdo y el otro árbol de transmisión está acoplado a los mecanismos dispuestos en paralelo del lado derecho.

Ventajosamente, la máquina comprende un único árbol 53 de recuperación de energía.

30 En la práctica, los cuatro brazos 14 están dispuestos con una separación de un cuarto de vuelta los unos respecto a los otros. Del mismo modo, los cuatro brazos 24 están dispuestos con una separación de un cuarto de vuelta los unos respecto a los otros. Por lo tanto, el motor siempre tiene el mismo número de brazos 14 o 24 en el lado izquierdo o en el lado derecho, lo que mejora el rendimiento. Cada tiempo corresponde a una rotación de un cuarto de vuelta (90°) de los mecanismos 1.

35 Cuando dos mecanismos 1 (presentan unos momentos M1 y M2 inexistentes, los otros dos mecanismos 1 están en posiciones de centrifugación máxima, respectivamente del lado izquierdo y del lado derecho. La energía generada es máxima en estas posiciones de centrifugación máxima. Como los cuatro mecanismos 1 nunca presentan unos momentos M1 y M2 inexistentes al mismo tiempo, el motor no está en punto muerto. Ventajosamente, cada posición de centrifugación máxima corresponde a una combustión de gas en el motor.

40 Según una variante no representada, la máquina rotatoria comprende ocho mecanismos 1 repartidos según cuatro pares de mecanismos 1 en serie, estando los pares dispuestos en paralelo. Durante una vuelta, la máquina produce un empuje cada octavo de vuelta (45°) de los mecanismos 1.

45 Otras variantes pueden implementarse sin apartarse del alcance de la invención. Las dimensiones de los elementos constitutivos de la máquina, por ejemplo la base 3 y el árbol de transmisión 43, varían en función del número de mecanismos 1.

50 Para obtener los mejores resultados y rendimiento, es importante que cada balancín 4 se posicione en un plano estrictamente horizontal. Lo mismo sucede para los ejes A1 y A2 de las ruedas dentadas 12 y 22, que deben de estar situadas en un plano P0 estrictamente horizontal o vertical, según la configuración del mecanismo 1.

En las figuras 1 a 24, ciertos desplazamientos y distancias son exagerados en aras de la simplificación.

55 En la práctica, el mecanismo 1 y la máquina pueden estar conformados de manera diferente de las figuras 1 a 24, sin apartarse del alcance de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Mecanismo (1), que comprende:

- 5 - un soporte (2) que incluye una base (3), un balancín (4) suspendido en la base (3) y unas bielas de suspensión (5) articuladas en la base (3) y en el balancín (4);
  - una primera rueda dentada (12) móvil en rotación (R1) con relación al soporte (2) alrededor de un primer eje (A1);
  - 10 - una segunda rueda dentada (22) móvil en rotación (R2) con relación al soporte (2) alrededor de un segundo eje (A2);
  - un primer elemento excéntrico (14) fijo en rotación (R1) con la primera rueda dentada (12) y que genera un primer momento (M1) de fuerza gravitatoria (P1) alrededor del primer eje (A1);
  - un segundo elemento excéntrico (24) fijo en rotación (R2) con la segunda rueda dentada (22) y que genera un segundo momento (M2) de fuerza gravitatoria (P2) alrededor del segundo eje (A2); y
  - 15 - una biela de conexión (60; 160) que incluye una cabeza rotatoria (62) montada con conexión de pivote en un primer árbol y una cabeza excéntrica (63) montada con conexión de pivote excéntrica en un segundo árbol;
- en el que:

- 20 - los ejes (A1; A2) son paralelos en un plano de referencia (P0) horizontal o vertical; y
- el balancín (4) soporta los ejes (A1; A2) de las ruedas dentadas (12; 22) y de los elementos excéntricos (14; 24);
- las bielas de suspensión (5) están inclinadas según un ángulo comprendido entre 45 grados y 80 grados con respecto a un plano vertical;
- 25 - para la biela de conexión (60; 160), el primer árbol es ya sea un árbol (11; 21) que soporta una de las ruedas dentadas (12; 22), ya sea un árbol (53) fijado en la base (3), mientras que el segundo árbol es el otro árbol de entre el árbol (11; 21) que soporta una de las ruedas dentadas (12; 22) y el árbol (53) fijado en la base (3);
- las ruedas dentadas (12; 22) se engranan entre sí con una relación de transmisión unitaria y son móviles en rotación (R1; R2) en sentidos opuestos;
- 30 - cuando el mecanismo (1) está en funcionamiento, los elementos excéntricos (14; 24) describen un movimiento elíptico, mientras que el balancín (4) describe un movimiento de oscilación que tiene una componente vertical y una componente horizontal;
- los momentos (M1; M2) de fuerza gravitatoria (P1; P2) de los elementos excéntricos (14; 24) tienen un mismo valor y un mismo sentido, variables según su posición angular alrededor de los ejes (A1; A2);
- 35 - para cada posición angular de las ruedas dentadas (12; 22) y de los elementos excéntricos (14; 24) alrededor de los ejes (A1; A2), el mecanismo (1) presenta una configuración de equilibrio en reposo.

2. Mecanismo (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que las bielas de suspensión (5) están inclinadas según un ángulo de 45 grados con respecto a un plano vertical.

40 3. Mecanismo (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los elementos excéntricos (14; 24) tienen una misma masa y unas mismas dimensiones.

45 4. Mecanismo (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los elementos excéntricos (14; 24) tienen una forma cilíndrica.

50 5. Mecanismo (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que las ruedas dentadas (12; 22) comprenden una primera rueda (12) que tiene un diente (13a) más largo que los otros dientes (13) y una segunda rueda (22) que tiene una ranura (23a) formada entre dos dientes (23), y porque el diente (13a) más largo y la ranura (23a) coinciden durante el engranaje de las ruedas dentadas (12; 22) para permitir la alineación de los elementos excéntricos (14, 24).

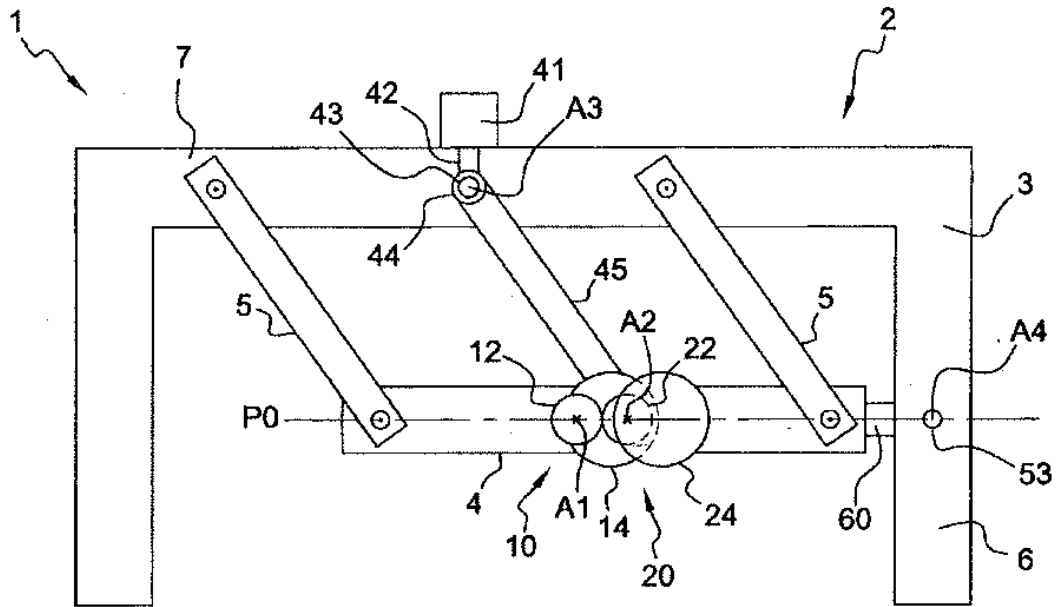
6. Mecanismo (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que comprende un árbol de transmisión (43) que tiene un eje alineado con las articulaciones superiores de las bielas de suspensión (5).

55 7. Mecanismo (1) según la reivindicación 6, caracterizado por que se define una primera distancia entre el extremo distal de cada elemento excéntrico (14; 24) y el eje de rotación (A1; A2) correspondiente, por que se define una segunda distancia igual al entre ejes de las bielas de suspensión (5) que conectan el balancín (4) a la base (3) y por que la primera distancia es inferior a la segunda distancia, de modo que los elementos excéntricos (14; 24) pasan bajo el árbol de transmisión (43).

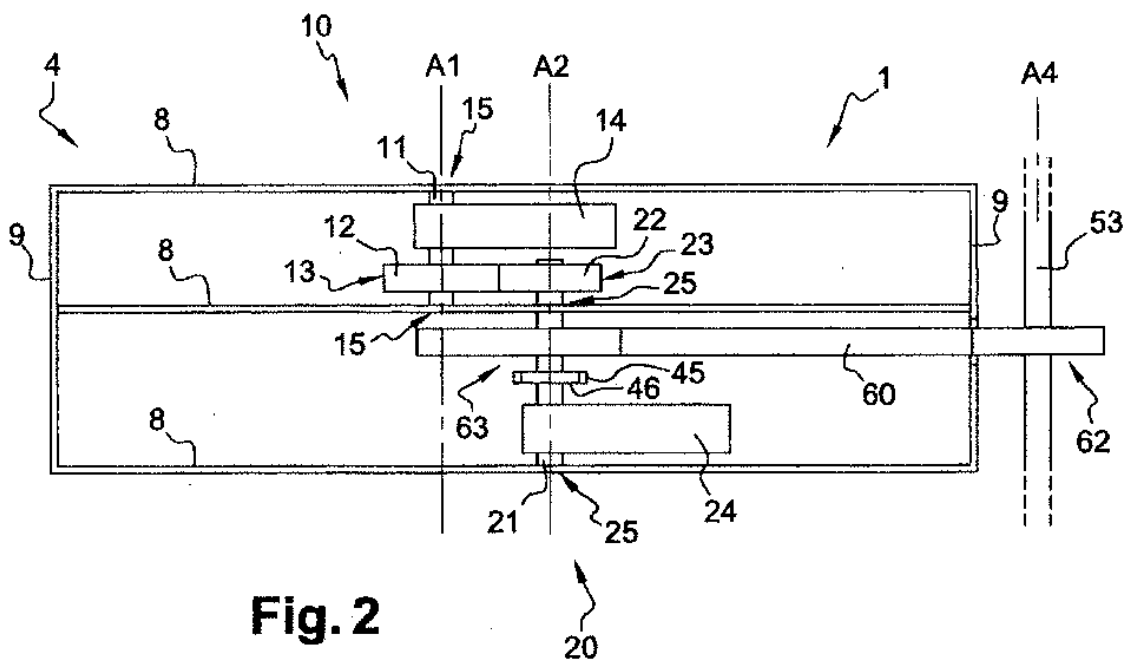
60 8. Mecanismo (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que comprende unos medios de arranque (40) que incluyen, por ejemplo, una cadena o un sistema de engranajes, diseñados para accionar en rotación (R1; R2) una de las ruedas dentadas (12; 22).

65 9. Mecanismo (1) según la reivindicación 8, caracterizado por que los medios de arranque (40) comprenden un motor (41).

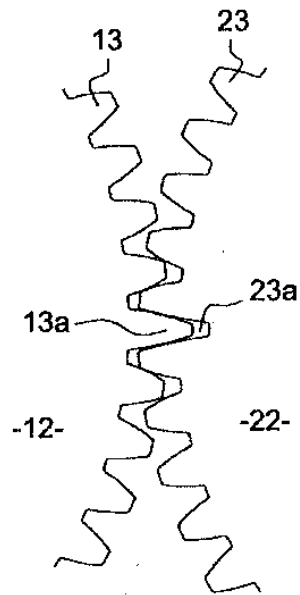
10. Mecanismo (1) según la reivindicación 8, caracterizado por que los medios de arranque (40) comprenden una manivela (141).
- 5 11. Mecanismo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que carece de medios de arranque dedicados del o de los mecanismos (1) y por que el arranque del o de los mecanismos (1) puede realizarse por sencillo empuje sobre el o los balancines (4) o sobre uno de los elementos excéntricos (14; 24).
- 10 12. Mecanismo (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que comprende unos medios (58; 41) de recuperación de energía en funcionamiento, por ejemplo, en forma de un generador (58) o de un motor-generador (41).
- 15 13. Mecanismo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que los ejes (A1; A2) de las ruedas dentadas (12; 22) son horizontales, y el plano de referencia (P0) es horizontal.
- 15 14. Mecanismo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que los ejes (A1; A2) de las ruedas dentadas (12; 22) son horizontales, y el plano de referencia (P0) es vertical.
- 20 15. Máquina rotatoria, caracterizada por que la máquina comprende al menos un mecanismo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 14.
- 25 16. Máquina rotatoria según la reivindicación 15, caracterizada por que la máquina es un motor de combustión interna, y por que los elementos excéntricos (14; 24) que equipan el mecanismo (1) se encuentran en dos posiciones de centrifugación máxima correspondiente cada una a una combustión de gas en el motor.
- 30 17. Máquina rotatoria según una de las reivindicaciones 15 y 16, caracterizada por que la máquina comprende al menos un par de mecanismos (1) dispuestos en serie y sincronizados.
- 30 18. Máquina rotatoria según una de las reivindicaciones 15 a 17, caracterizada por que la máquina comprende varios pares de mecanismos (1) dispuestos en serie y sincronizados en cada par, estando los pares dispuestos en paralelo y sincronizados entre sí.
- 35 19. Máquina rotatoria según una de las reivindicaciones 15 a 17, caracterizada por que la máquina es un motor de dos tiempos que comprende dos mecanismos (1), por que los dos primeros elementos excéntricos (14) están dispuestos con una separación de media vuelta, y por que los dos segundos elementos excéntricos (24) están dispuestos con una separación de media vuelta.
- 40 20. Máquina rotatoria según una de las reivindicaciones 15 a 18, caracterizada por que la máquina es un motor de cuatro tiempos que comprende cuatro mecanismos (1), por que los cuatro primeros elementos excéntricos (14) están dispuestos con una separación de un cuarto de vuelta, y por que los cuatro segundos elementos excéntricos (24) están dispuestos con una separación de un cuarto de vuelta.
- 45 21. Máquina rotatoria según una de las reivindicaciones 15 a 20, caracterizada por que la base (3) es común a todos los balancines (4).
- 45 22. Procedimiento de implementación de un mecanismo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado por que comprende las siguientes etapas sucesivas:
- 50 - una etapa de posicionamiento de los elementos excéntricos (14; 24) uno respecto al otro y respecto a las ruedas dentadas (12; 22) de manera que los momentos (M1; M2) de la fuerza gravitatoria (P1; P2) de los elementos excéntricos (14; 24) tienen un mismo valor y un mismo sentido, variables según su posición angular alrededor de los ejes (A1; A2), y que para cada posición angular de las ruedas dentadas (12; 22) y de los elementos excéntricos (14; 24) alrededor de ejes (A1; A2), el mecanismo (1) presenta una configuración de equilibrio en reposo;
- 55 - una etapa de arranque de la rotación (R1; R2) de las ruedas dentadas (12; 22) y de los elementos excéntricos (14; 24) alrededor de los ejes (A1; A2), en la que el mecanismo (1) deja la configuración de equilibrio y se pone en movimiento; y
- 60 - una etapa de funcionamiento, en la que la rotación (R1; R2) de los elementos excéntricos (14; 24) alrededor de los ejes (A1; A2) genera fuerzas centrífugas en el mecanismo (1), los elementos excéntricos (14; 24) describen un movimiento elíptico, mientras que el balancín (4) describe un movimiento de oscilación que tiene una componente vertical y una componente horizontal.



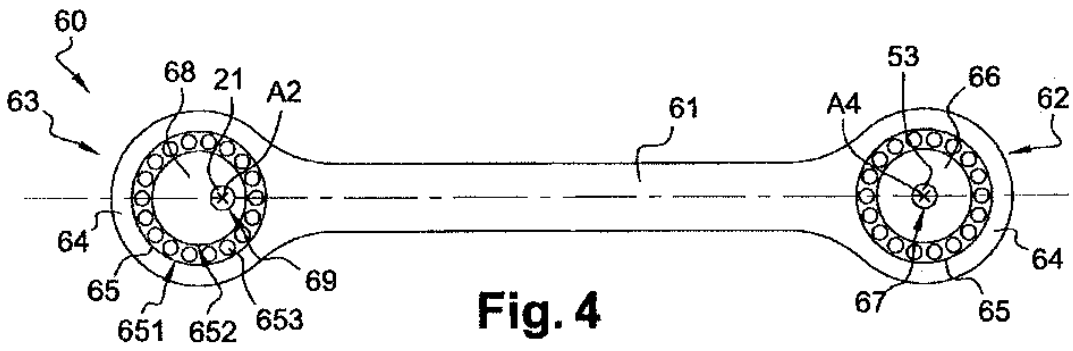
**Fig. 1**



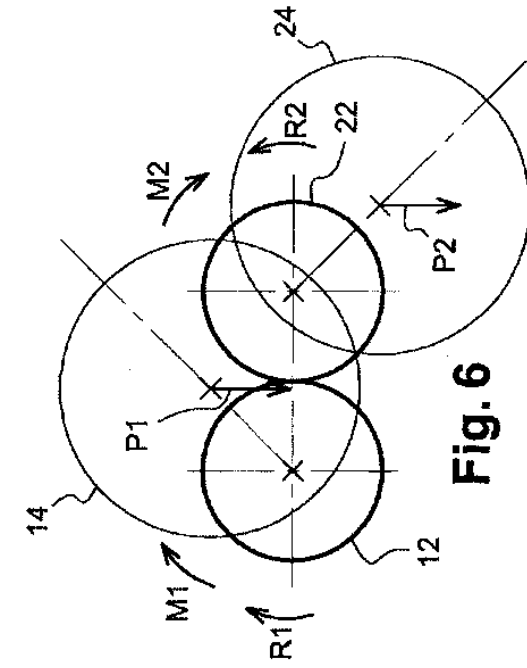
**Fig. 2**



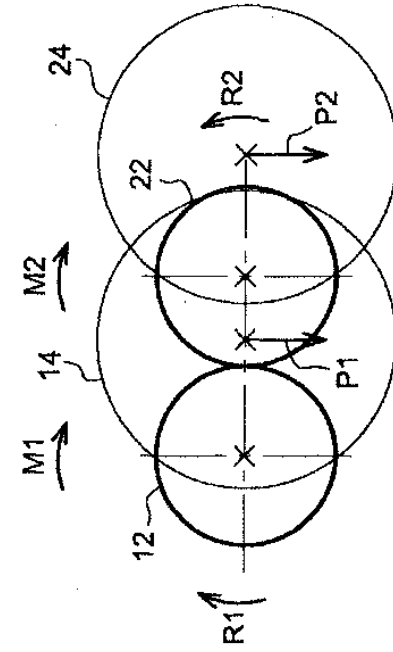
**Fig. 3**



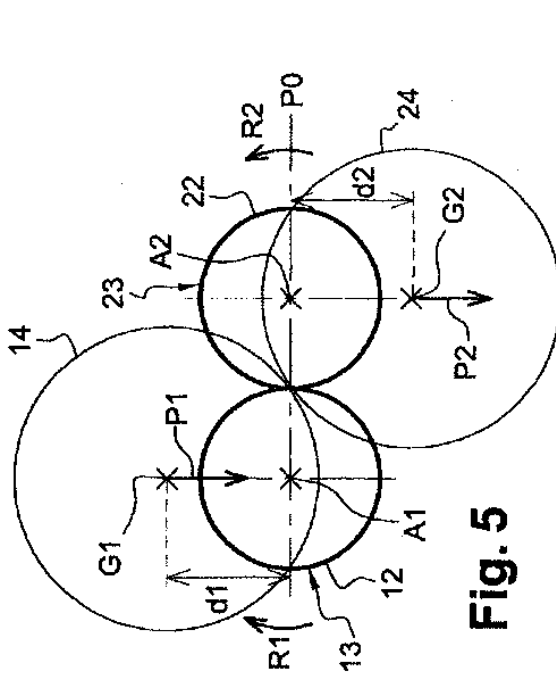
**Fig. 4**



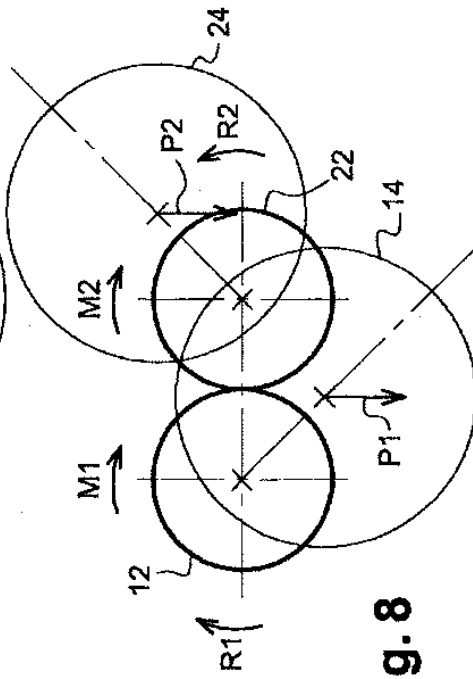
**Fig. 5**



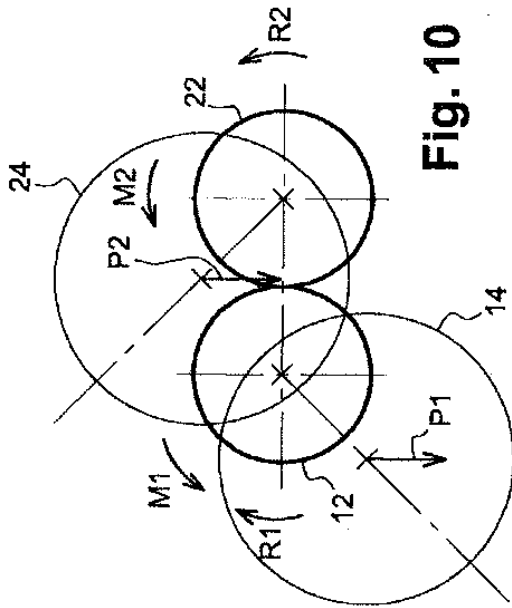
**Fig. 6**



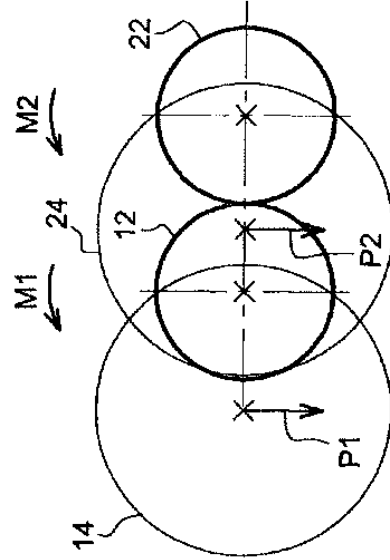
**Fig. 7**



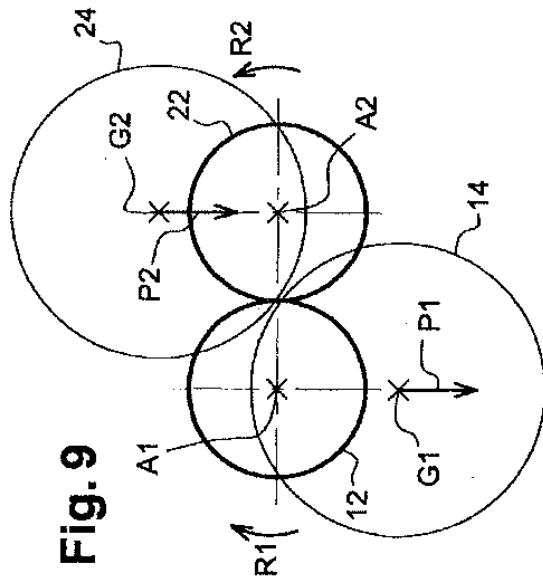
**Fig. 8**



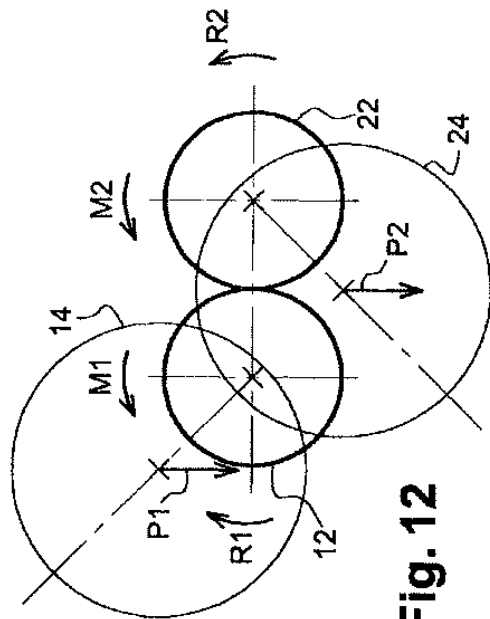
**Fig. 10**



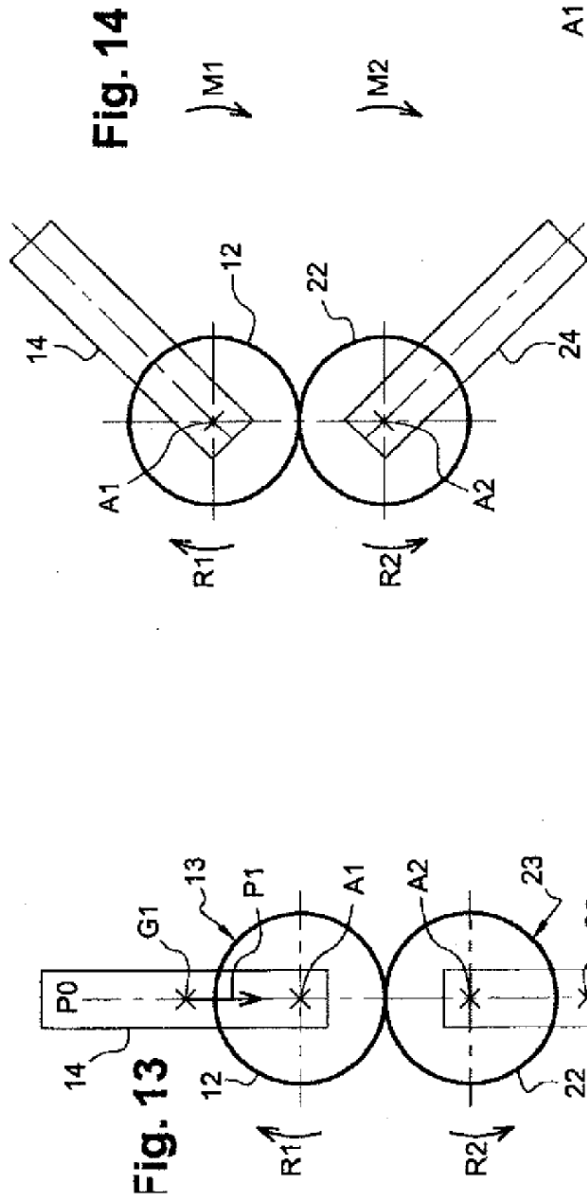
**Fig. 11**



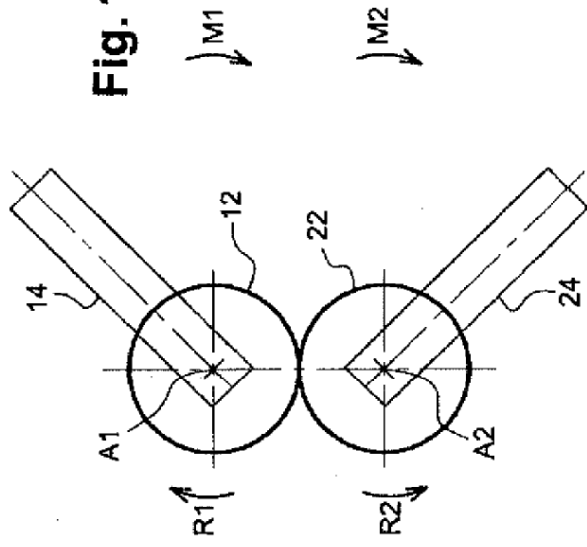
**Fig. 9**



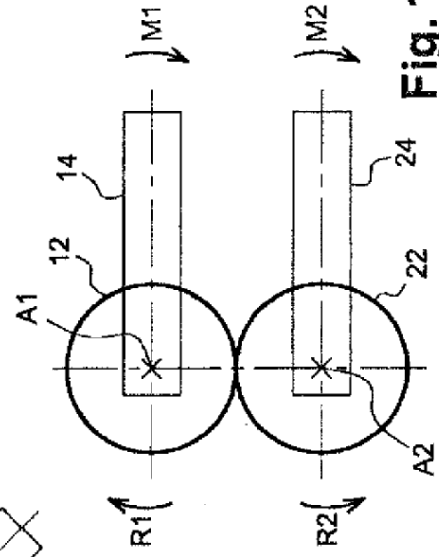
**Fig. 12**



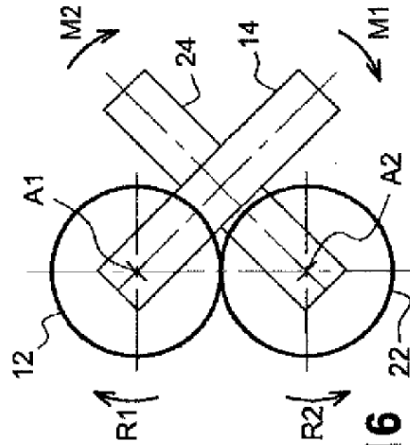
**Fig. 13**



**Fig. 14**



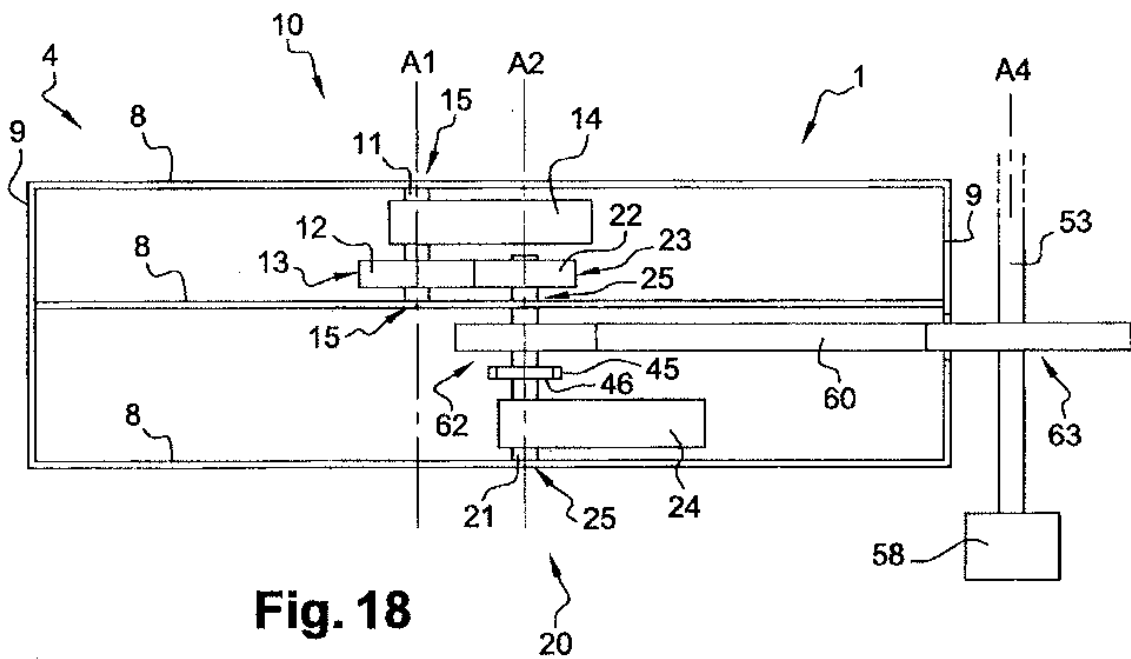
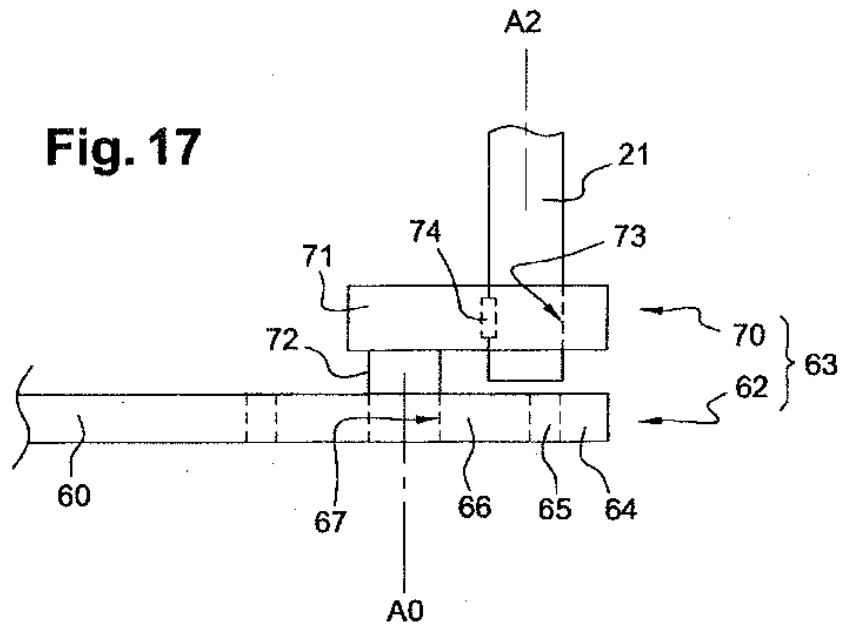
**Fig. 15**



**Fig. 16**



**Fig. 17**



**Fig. 18**

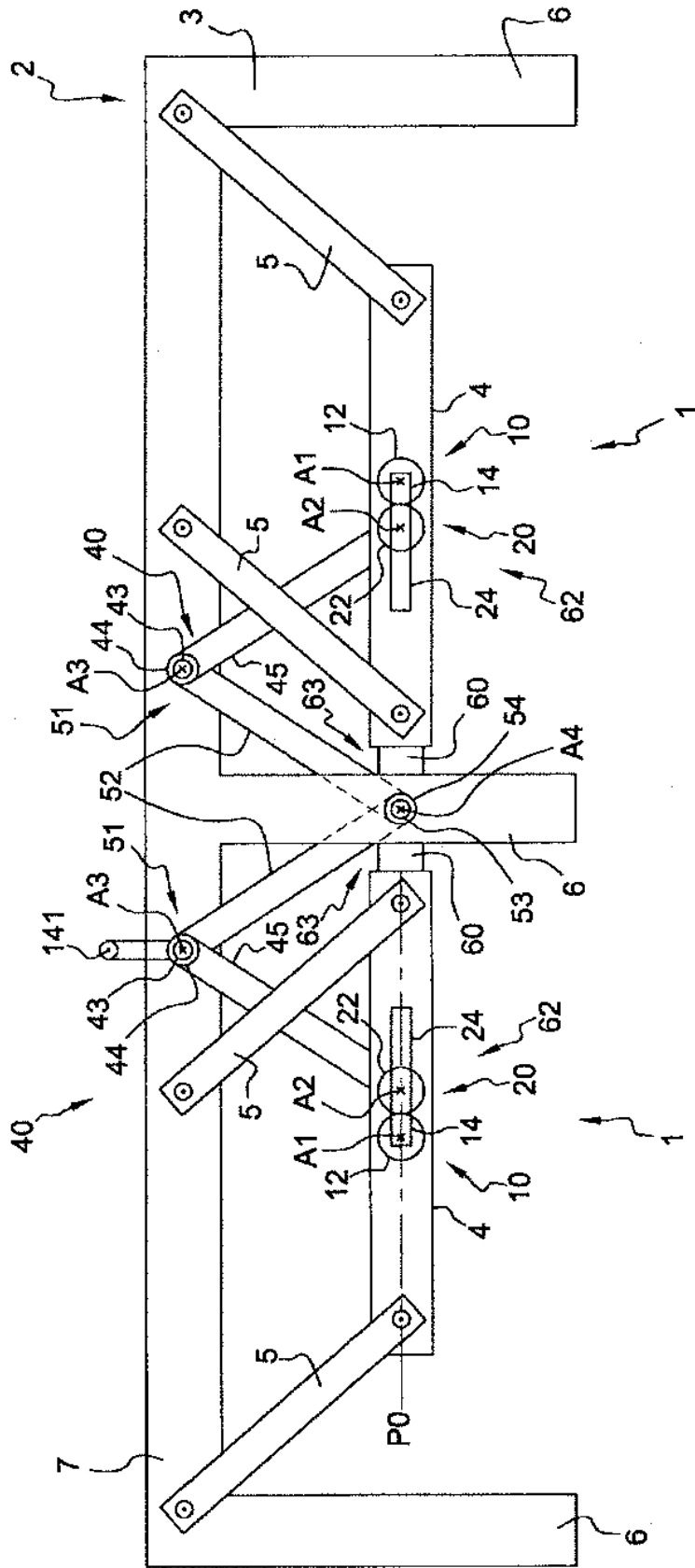


Fig. 19

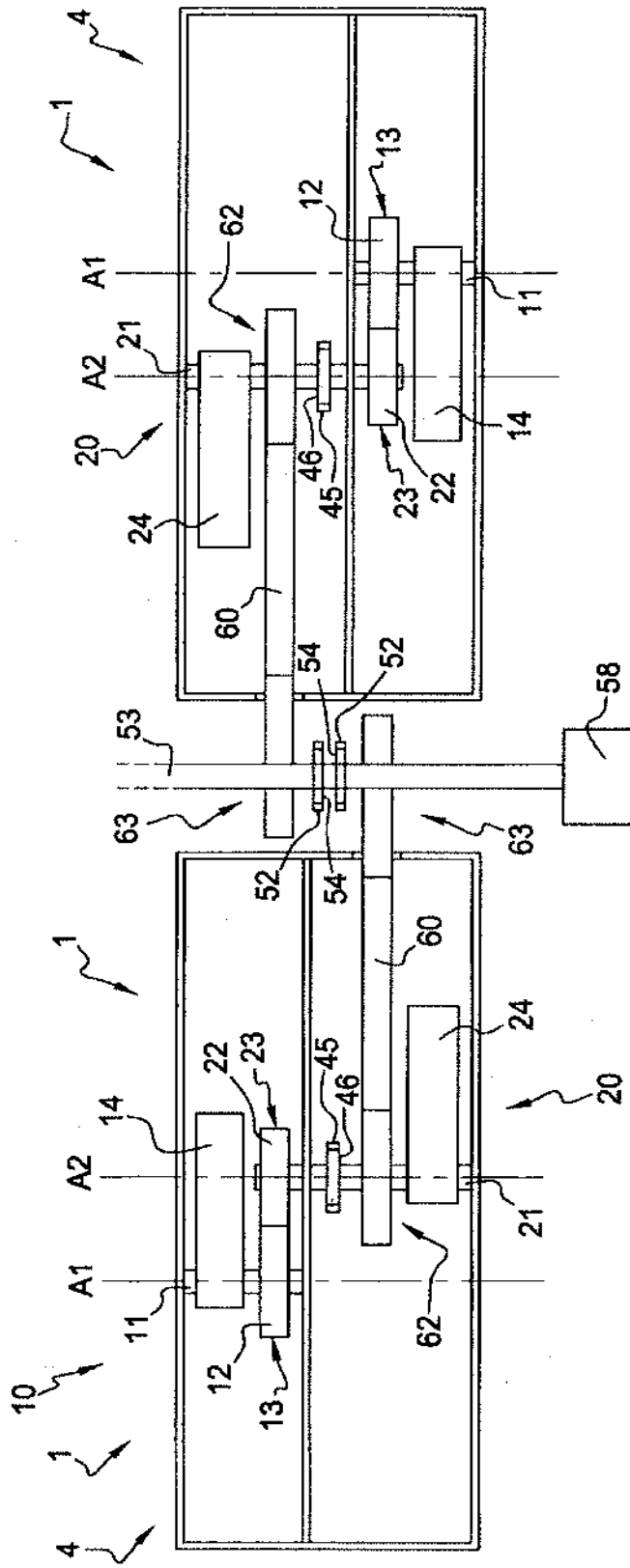


Fig. 20

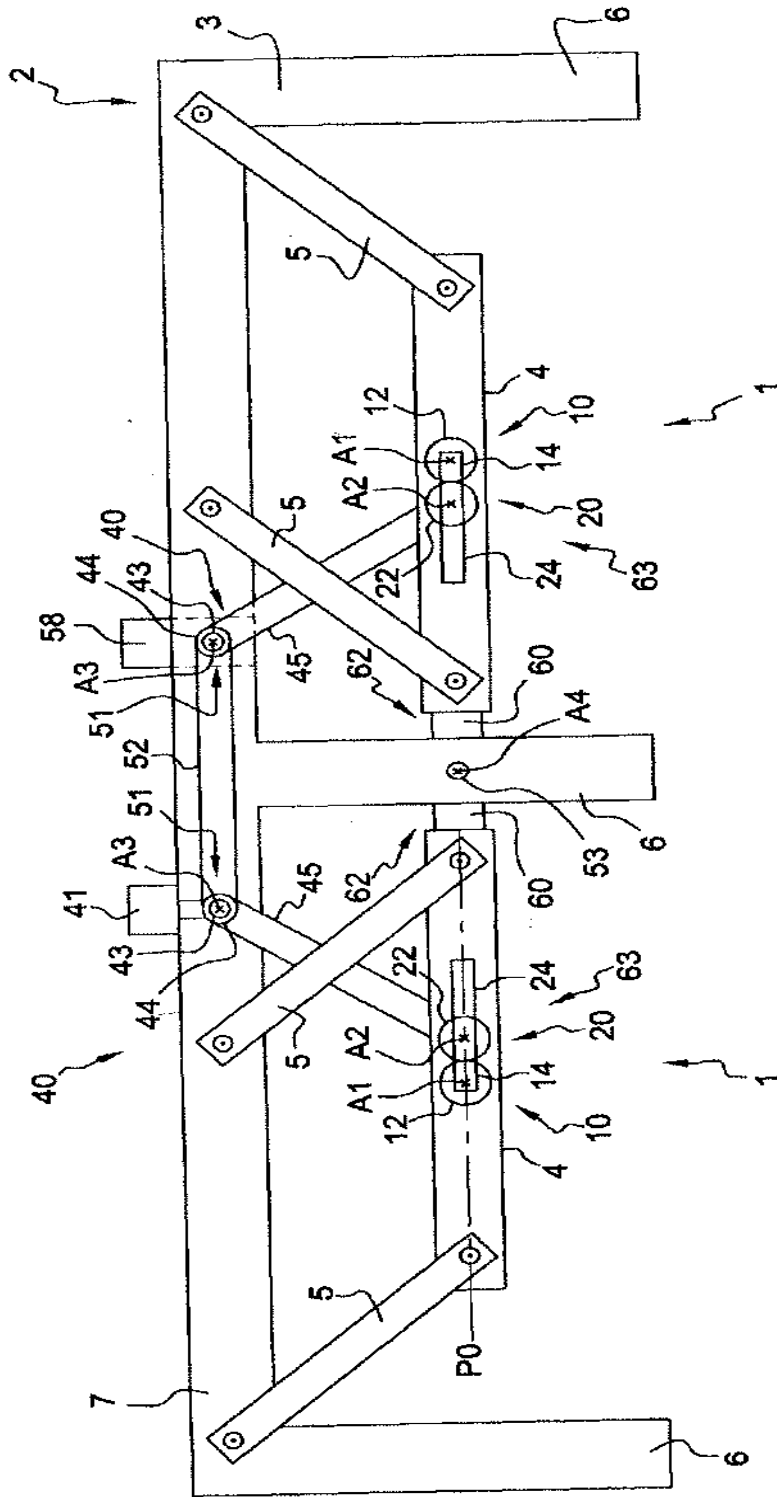


Fig.21

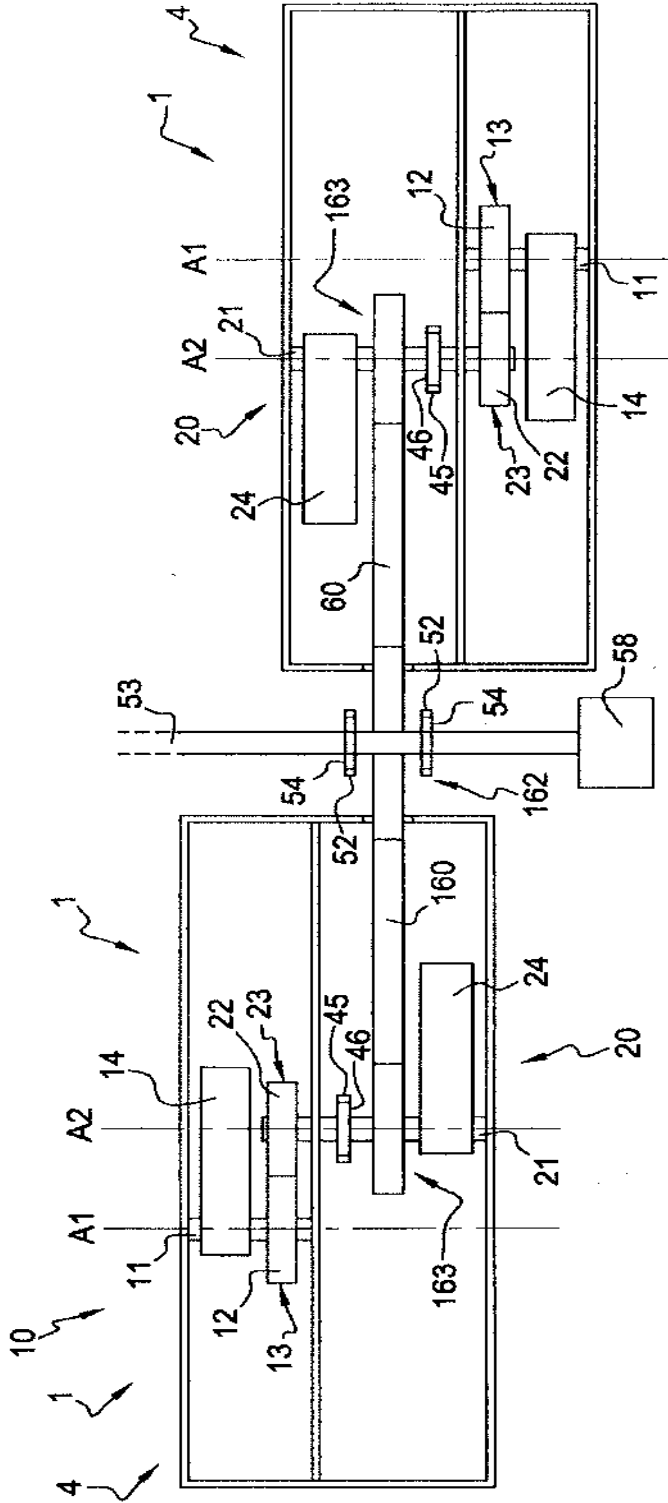


Fig. 22

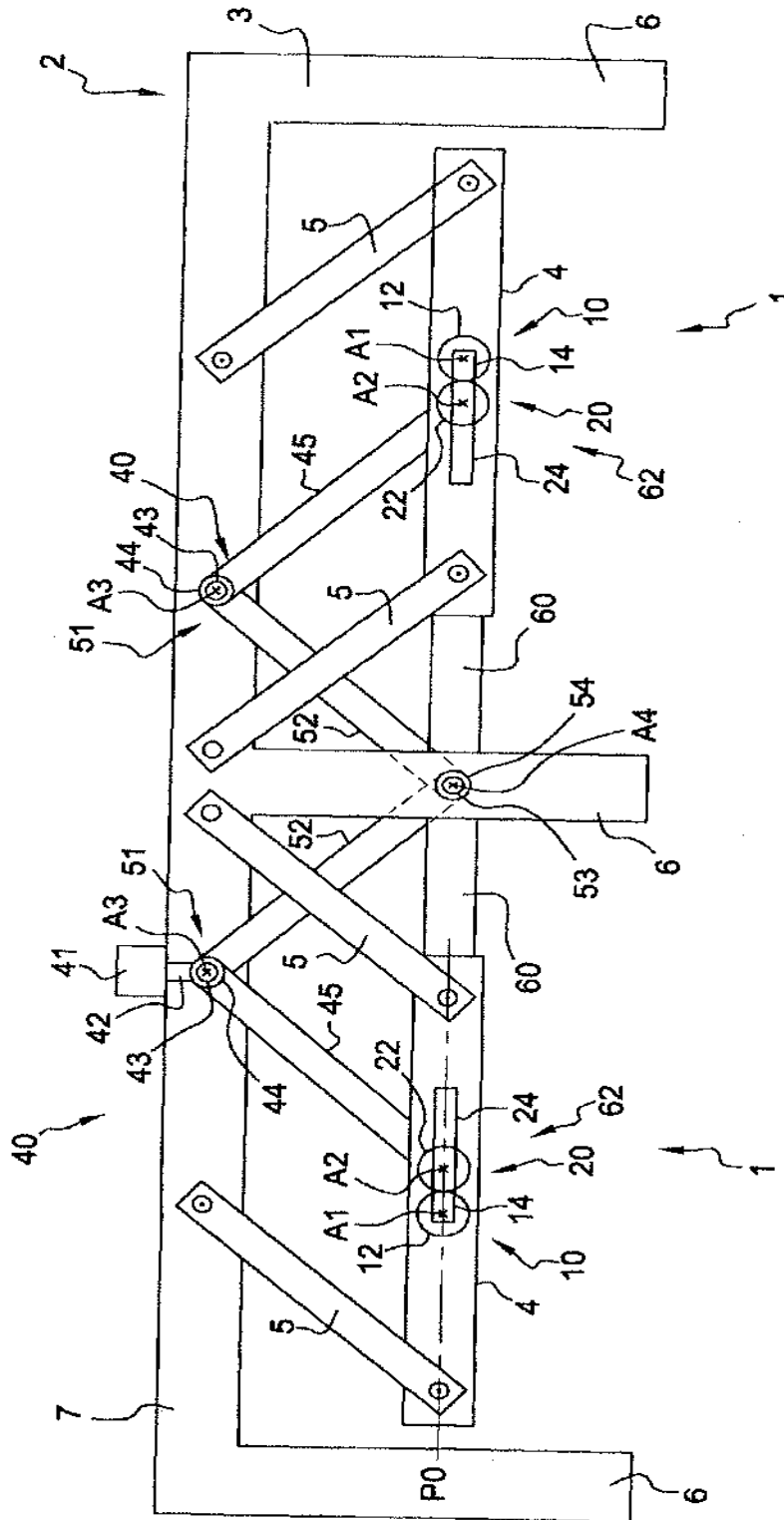


Fig. 23

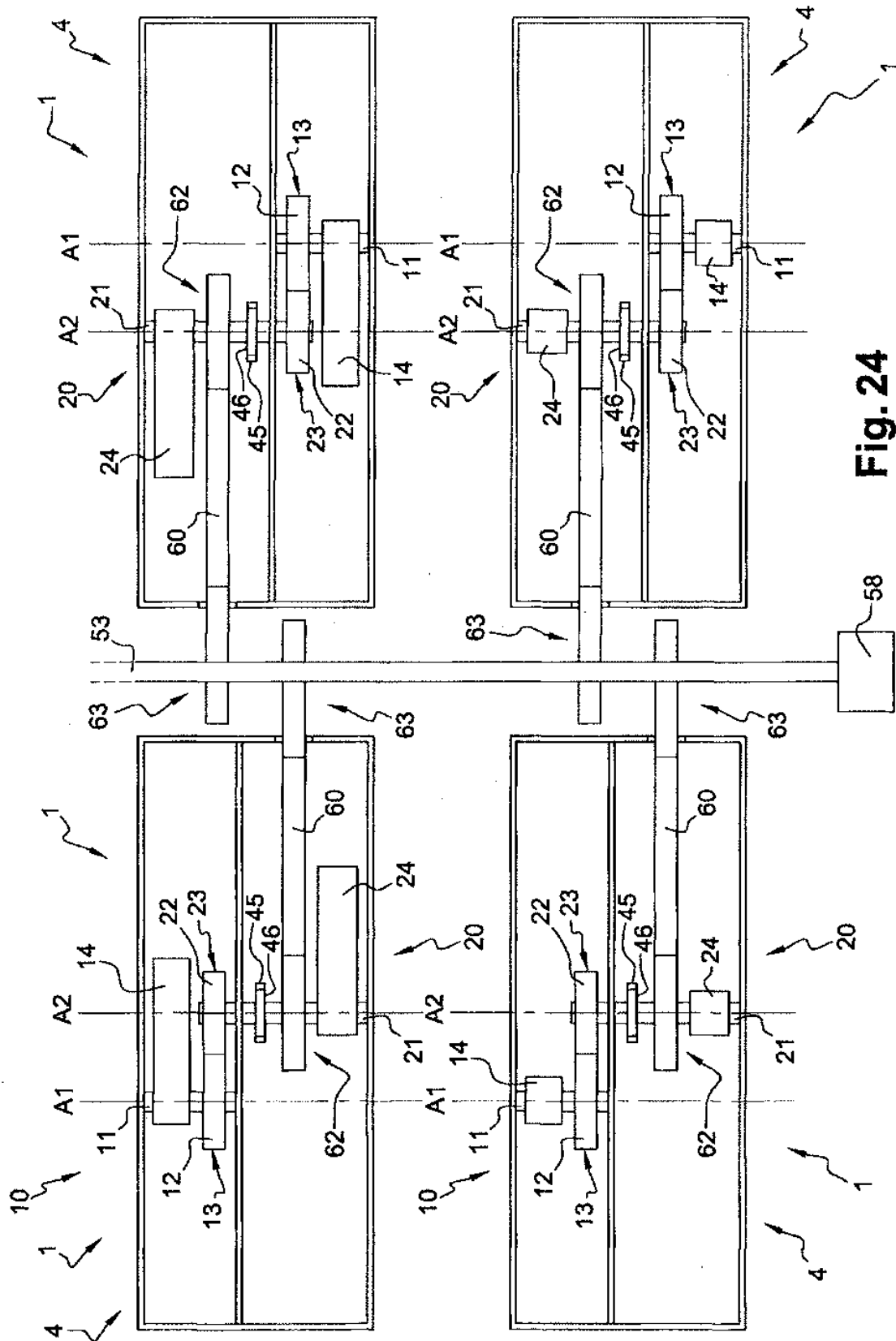


Fig. 24