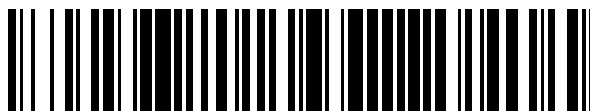


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 957**

51 Int. Cl.:

B21B 33/00 (2006.01)

B21B 37/00 (2006.01)

F16F 15/023 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2011** **E 11804791 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.12.2014** **EP 2624973**

54 Título: **Sistema amortiguador de vibraciones para un tren de laminación con primer y segundo elementos hidráulicos pasivos**

30 Prioridad:

08.10.2010 IT MI20101843

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

23.03.2015

73 Titular/es:

DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE, S.P.A.
(100.0%)

Via Nazionale 41
33041 Buttrio, IT

72 Inventor/es:

VIGNOLO, LUCIANO;
DE LUCA, ANDREA;
NOBILE, MATTEO;
AMATI, NICOLA;
PRISTERA', CARMINE;
ROMEO, GIUSEPPE y
TONOLI, ANDREA

74 Agente/Representante:

RUO, Alessandro

ES 2 531 957 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

Sistema amortiguador de vibraciones para un tren de laminación con primer y segundo elementos hidráulicos pasivos

[0001] La presente invención se refiere a un sistema amortiguador de vibraciones para un tren de laminación de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 (véase, por ejemplo, el documento US3 689 907 A).

Técnica anterior

[0002] En la laminación en frío de bandas, se utilizan jaulas de laminación que comprenden al menos un par de cilindros de laminación denominados 1 y 1' que están en contacto directo con la cinta durante la laminación; véase la Figura 10a en la nota técnica. Uno de los dos rodillos está verticalmente por encima del otro.

[0003] Esta disposición está limitada en términos de las fuerzas que se pueden aplicar para la deformación elástica de dichos cilindros. Para resolver este problema, se utilizan jaulas que comprenden más rodillos o cilindros, al menos dos de los cuales son rodillos, y dos de los cuales son rodillos o cilindros de soporte que se oponen a la deformación elástica de los rodillos que están destinados a estar en contacto directo con el material que se desea laminar.

[0004] Otras disposiciones son conocidas en la técnica anterior, en las que dos cilindros se utilizan para la laminación, con dos cilindros intermedios y dos cilindros de soporte.

[0005] Además, disposiciones con más rodillos se conocen también.

[0006] Cada jaula rodante está equipada con diversos actuadores hidráulicos, incluyendo:

- dos cilindros hidráulicos colocados, por ejemplo, en la parte superior de la jaula o por debajo de la jaula, y que actúan sobre los adaptadores de soporte para controlar la distancia entre los rodillos y, por consiguiente, controlar el espesor de la cinta que está siendo laminada;
- cuatro o más cilindros de flexión hidráulicos para cada elemento de montaje de los rodillos, que definen un denominado sistema de control de flexión que, al actuar sobre los elementos de montaje de rodillos, modifica su deformación elástica para permitir el control de la planeidad de la cinta que está siendo laminada. La fuerza de laminación se aplica sobre los cuellos de los cilindros de soporte para controlar el espesor de la cinta que está siendo laminada, mientras que se aplican fuerzas adicionales, a través del sistema de control de flexión, a los elementos de montaje de rodillos con el fin de controlar la planeidad de la cinta que está siendo laminada.

[0007] Los sistemas de flexión adicionales se conocen con los siguientes nombres:

- "Mae West" con cilindros de flexión positivos hidráulicos insertados en bloques de soporte, con cilindros de flexión negativos instalados en los elementos de montaje de los soportes;
- Bloque E, con cilindros de flexión positivos y cilindros de flexión negativos insertados en el mismo bloque;
- Cilindros de bloque C adaptados para la realización tanto de flexión positiva como negativa.

[0008] El sistema de flexión se controla mediante servoválvulas que controlan la presión en las cámaras de los cilindros de flexión hidráulicos con el fin de lograr la cantidad de deformación elástica deseada de los rodillos.

[0009] Las servoválvulas que controlan la flexión de los cilindros tienen tiempos de respuesta del orden de 50 a 200 ms con frecuencias de corte por debajo de 50 Hz.

[0010] En la laminación en frío, los sistemas de refrigeración y de lubricación se utilizan con el fin de eliminar el calor generado durante la laminación en frío, mientras que lubrican al mismo tiempo el espacio de laminación evitando el contacto directo entre la cinta y el rodillo.

[0011] Tales sistemas de enfriamiento y de lubricación pueden utilizar emulsiones de aceite y agua o, como alternativa, aceite puro; la elección del producto y del tipo de sistema de refrigeración y de lubricación depende de las características del producto que se desea laminar y de la calidad/acabado superficial de la cinta que se desea obtener.

[0012] La velocidad de laminación define la capacidad de cada tren de laminación individual; todos los trenes de laminación intentan generalmente realizar la laminación durante el mayor tiempo posible a velocidades cercanas a las velocidades máximas alcanzables por el sistema de propulsión y permitidas por la potencia instalada en el sistema.

[0013] Durante la laminación, se pueden generar fuerzas que, bajo ciertas condiciones, pueden desencadenar

resonancias, principalmente en la dirección de disposición vertical de los rodillos. Estas fuerzas se pueden generar por los siguientes efectos:

- La cinta en sí, debido a sus variaciones intrínsecas de espesor o dureza;
- 5 – Variaciones en la fricción del espacio de rodillo, especialmente cuando se alcanza la máxima velocidad, con el riesgo de rotura temporal uniforme de la película de lubricación;
- Defectos inducidos en los rodillos durante las operaciones de ajuste;
- Condiciones inadecuadas de la mecánica de la jaula, tal como el desgaste, juegan entre los diversos componentes y rodamientos antifricción dañados.
- 10 – La laminación simultánea de material duro acompañado por una marcada reducción en el espesor y una alta velocidad de laminación.

[0014] Las jaulas de laminación, al igual que todos los componentes mecánicos, tienen sus propias frecuencias de resonancia. Si dichas fuerzas tienen frecuencias cercanas o coincidentes con dichas frecuencias de resonancia
15 propias, se pueden inducir fenómenos de vibración.

[0015] Tales fenómenos se manifiestan en un movimiento de los rodillos, en la dirección transversal a la dirección de laminación, es decir, que se producen en la dirección vertical y pueden alcanzar amplitudes incontrolables que no son adecuadas para el proceso de laminación.

20 **[0016]** Estos fenómenos se denominan vibración irregular y pueden crear defectos superficiales tales como marcas claras/oscuras en la cinta o variaciones en el espesor que conducen al rechazo de la cinta laminada, por lo que los defectos dependen del modo de vibración de la jaula.

25 **[0017]** Por lo general, a fin de evitar defectos o rotura en la cinta que está siendo laminada, que pueden causar daño en la jaula de laminación, la persona que controla el proceso de laminación, cuando observa un fenómeno de vibración irregular, reduce la velocidad de laminación o aplica los procedimientos para la amortiguación de este fenómeno.

30 **[0018]** En la técnica anterior, se conocen dos tipos principales de vibración irregular, que se denominan tercera y quinta octavas.

[0019] La resonancia de la tercera octava se produce a frecuencias entre 100 y 200 hertz, mientras que la resonancia de la quinta octava se produce a frecuencias entre 500 y 700 hertz.

35 **[0020]** Tales fenómenos se caracterizan por diferentes modos de vibración: una resonancia de la tercera octava induce un primer modo de vibración en el que un rodillo y su soporte asociado se mueven al unísono, mientras que los cilindros superior e inferior vibran en oposición de fase entre sí; una resonancia de la quinta octava induce un segundo modo de vibración, en el que los rodillos vibran mientras que los cilindros de soporte son estacionarios.

40 **[0021]** Cuando se producen estos fenómenos de resonancia durante la laminación, la velocidad de laminación puede ser reducida de un 20 a un 50% de la velocidad de diseño del tren de laminación.

45 **[0022]** Por lo tanto, la vibración irregular es un problema significativo para el funcionamiento de los trenes de laminación, porque además de causar el rechazo del producto, reduce significativamente la capacidad de producción.

[0023] En vista de la importancia del problema, el fenómeno de la vibración irregular en la laminación ha sido objeto de intenso estudio y experimentación.

50 **[0024]** A través de la aplicación de sensores o velocímetros de vibración, convenientemente montados en jaulas de laminación, es posible detectar y señalar la aparición de un fenómeno de resonancia con el fin de adelantar la desaceleración del tren de laminación en la medida de lo posible.

55 **[0025]** Tales sistemas se utilizan actualmente en un modo totalmente automático y permiten un seguimiento constante y continuo del nivel de vibración del tren de laminación, lo que es también de beneficioso para los planes de mantenimiento preventivo del laminador.

60 **[0026]** Tales sistemas permiten la minimización de los rechazos de calidad, pero no resuelven el problema relacionado con la reducción de la capacidad de producción del tren de laminación.

[0027] Un objeto de estudio ha sido la creación de sistemas activos o pasivos de amortiguación de vibraciones, con el fin de permitir la laminación a velocidades que están más próximas a las velocidades de diseño de los trenes de laminación.

65

[0028] El documento JP05104117 describe un sistema de amortiguación que consiste en una tierra y un muelle instalado en la parte superior de una jaula de laminación. La frecuencia natural del conjunto tierra-muelle es igual a la de la jaula de laminación, a fin de generar un anti-resonancia. Una solución de este tipo no es satisfactoria porque, en la variación de las dimensiones de los rodillos utilizados en el tren de laminación, la frecuencia natural varía también, incluso ligeramente, y esto conduce también a la intervención en el sistema de anti-resonancia. Además, la contribución del sistema de anti-resonancia conduce a la aparición de dos nuevas frecuencias de resonancia, con el riesgo de que también comenzará el fenómeno vibración irregular.

[0029] El documento JP 10314816 describe un sistema de amortiguación similar al descrito en el documento JP05104117.

[0030] El documento JP08247211 describe un sistema amortiguador dinámico que es capaz de adaptarse a las variaciones en las frecuencias naturales durante la operación del tren de laminación. La desventaja de un sistema de este tipo es que se sitúa en la parte superior de la jaula y, por tanto, está muy distante de los rodillos que actúan directamente sobre los rodillos durante la laminación. La histéresis de la jaula de laminación es tal como para anular el efecto de amortiguación esperado. Además, el documento JP08247211 no describe el tipo de actuador, y no da información suficiente para la aplicación concreta del sistema de amortiguación. El documento JP09174122 describe un sistema de amortiguación en base a la inserción de amortiguadores hidráulicos entre los elementos de montaje de los rodillos superior e inferior, pero esta solución es limitada debido a la capacidad limitada de los amortiguadores para seguir vibraciones de alta frecuencia. Además, dichos amortiguadores tienen un efecto negativo en las tolerancias de laminación en ausencia del fenómeno de vibración irregular.

[0031] El documento US5724846 describe un procedimiento para la introducción de una vibración asíncrona en el sistema para el control de la brecha entre los rodillos, o en el cilindro de balanceo del cilindro de soporte.

[0032] El documento US5724846 no describe cómo generar estas vibraciones asíncronas a frecuencias de 100-700 Hz; por otro lado, el documento US5724846 sugiere intervenir en los actuadores colocados a una distancia específica de la cinta que está siendo laminada, con una capacidad relativamente baja para amortiguar los fenómenos de vibración.

[0033] Además el documento WO2010/063664 desvela también un dispositivo de amortiguación de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

[0034] Dependiendo de los modos de vibración, el tipo de defectos inducidos en la cinta que está siendo laminada cambia. En particular, dichos defectos dependen del tipo de la clase de vibración y de la frecuencia; en concreto, las ondas se generan en las superficies superior e inferior de la cinta que pueden estar al unísono o fuera de fase en una mitad de un ciclo de oscilación. En los mejores casos, estos defectos conducen al rechazo de la porción de la cinta afectada por la vibración.

[0035] Por lo tanto, el problema técnico a resolver es identificar un sistema y un método para atenuar o eliminar las vibraciones de resonancia durante un proceso de laminación.

Sumario de la invención

[0036] El objeto de la presente invención es proporcionar un sistema para la amortiguación de las vibraciones de resonancia en un tren de laminación en frío que es adecuado para resolver el problema anterior.

[0037] El objeto de la presente invención es un sistema para la amortiguación de las vibraciones de un tren de laminación de acuerdo con la reivindicación 1, este último comprende una jaula de laminación que tiene rodillos y sistema de control de flexión para los rodillos que comprende

- actuadores hidráulicos que actúan sobre dichos rodillos para controlar la posición de los rodillos entre sí,
- circuitos de alimentación hidráulicos para dichos actuadores hidráulicos,
- medios de amortiguación hidráulica de una fuerza, estando dichos medios conectados a dichos circuitos hidráulicos para accionar un amortiguador a través de dichos actuadores hidráulicos; en el que dichos medios de amortiguación hidráulica comprenden
- un primer elemento hidráulico pasivo que comprende una parte móvil respectiva, conectada entre dichos circuitos de alimentación hidráulicos,
- un segundo elemento hidráulico pasivo que comprende una parte móvil respectiva, conectada entre dichos circuitos de alimentación hidráulicos, en una dirección opuesta a dicho primer elemento hidráulico pasivo,
- un primer elemento elástico que conecta dichas partes móviles respectivas del primer y segundo elementos hidráulicos pasivos entre sí,
- al menos un dispositivo de amortiguación electrodinámico conectado rígidamente a una de dichas partes móviles de dichos primer y segundo elementos hidráulicos pasivos.

[0038] Las variantes preferidas de la invención se refieren a sistemas de amortiguación activo y pasivo.

[0039] Un sistema activo se entiende que significa un sistema de amortiguación que alimenta eléctricamente el al menos un actuador electrodinámico en base a una señal de realimentación tomada a partir del sistema, por ejemplo una medición de un desplazamiento o una velocidad de desplazamiento de los rodillos y, viceversa, un sistema pasivo se entiende que significa un sistema de amortiguación, cuya acción no proporciona la alimentación eléctrica del al menos un dispositivo electrodinámico.

[0040] Dichos primer y segundo elementos hidráulicos pasivos pueden comprender un par de bombas hidráulicas o un par de cilindros hidráulicos con una cámara dual conectada en una dirección opuesta a los circuitos de alimentación del sistema para el control de la planeidad de los rodillos y en el que dicho al menos un dispositivo de amortiguación electrodinámico se conecta a uno de dichos elementos hidráulicos pasivos para amortiguar las vibraciones de la jaula de laminación.

[0041] Puesto que las bombas hidráulicas están conectadas entre sí en direcciones opuestas, sus respectivos rotores, como resultado de una diferencia de presión entre un circuito de alimentación y el otro, tienden a girar en una dirección contraria a la otra. Por lo tanto, puesto que los rotores están conectados entre sí, a través de un muelle de torsión, tales giros se evitan hasta que la diferencia de presión tenga una frecuencia baja. Del mismo modo, los cilindros hidráulicos de doble cámara se conectan entre sí, por los ejes de movimiento, a través de un muelle, a fin de equilibrar una diferencia de presión entre el circuito de control positivo y el circuito de control negativo de la planitud de laminación.

[0042] El dispositivo de amortiguación electrodinámico, en el caso de bombas hidráulicas, es un motor, mientras que en el caso de cilindros hidráulicos, es un actuador piezoeléctrico.

[0043] Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, una amortiguación de la fuerza de resonancia se acciona a través de los circuitos hidráulicos del sistema para el control de la planeidad de los rodillos de trabajo (flexión). Esto implica, de manera ventajosa, la aplicación de una reacción en la proximidad inmediata de los rodillos, con un resultado cualitativo definitivo en la cinta laminada, en vista de las velocidades de laminación que están cerca de las velocidades de diseño. La conexión entre los rotores de las bombas y el motor eléctrico, se implementa también rígidamente, por ejemplo, por medio de una junta. Una junta de este tipo se conecta a tierra a través de un elemento elástico, por ejemplo, un muelle de torsión. De esta manera, se crea un sistema de tierra-muelle-amortiguador torsional que, como su inercia, tiene el rotor del motor y el rotor de la bomba, que es resonante con respecto a las vibraciones de la jaula de laminación.

[0044] Además, ventajosamente, se puede prever la integración de una de las variantes anteriores en un sistema para controlar la planitud a través de la flexión controlada de los cilindros de trabajo (flexión).

[0045] Ventajosamente, el sistema de control automático del proceso de laminación de un tren de laminación se puede adaptar para controlar también el sistema de amortiguación que es el objeto de la presente invención.

[0046] La presente invención se puede aplicar ventajosamente a trenes de laminación existentes, por lo que un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un kit de amortiguación de vibraciones para un tren de laminación que es adecuado para resolver el problema anterior.

[0047] Otro objeto de la presente invención es un kit de amortiguación de vibraciones para trenes de laminación de acuerdo con la reivindicación 8.

[0048] Otro objeto de la presente invención es proporcionar un tren de laminación capaz de trabajar a velocidades de laminación cercanas a las velocidades de diseño, sin presentar fenómenos de vibración irregular.

[0049] Otro objeto de la presente invención es un tren de laminación de acuerdo con la reivindicación 9.

[0050] Las reivindicaciones dependientes describen las realizaciones preferidas de la invención, que forman parte integrante de la presente descripción.

Breve descripción de las figuras

[0051] Otras características, así como otras ventajas de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas, pero no exclusivas, de un sistema para la amortiguación de vibraciones de resonancia de un tren de laminación, en particular, un tren de laminación en frío, como se muestra en los dibujos adjuntos, que se suministran a modo de ejemplo no limitativo, en los que:

La Figura 1 muestra los modos de vibración de una jaula de laminación cuando el presente sistema es desactivado;

La Figura 2 muestra dos gráficos que representan, respectivamente desde arriba, una variación en el espesor de

una cinta laminada a lo largo del tiempo y una tendencia de una fuerza en el mismo tiempo que determina dicha variación en el espesor; una línea discontinua vertical identifica un punto en el tiempo en el que comienza el fenómeno, y una línea discontinua horizontal identifica un límite de rotura de la cinta;

La Figura 3 muestra esquemáticamente, de acuerdo con la presente invención, otros ejemplos de tres gráficos, en los que se muestran, desde arriba, una variación en el espesor de una cinta laminada a lo largo del tiempo, una tendencia de una fuerza en el mismo tiempo que determina dicha variación en el espesor y una tendencia de una acción de amortiguación destinada a eliminar el efecto de dicha fuerza;

La Figura 4 muestra un circuito de control de flexión que utiliza servoválvulas para controlar la flexión positiva y negativa a la que se refiere la presente invención;

Las Figuras 5 y 6 muestran esquemáticamente, de acuerdo con la presente invención, las variantes de la presente invención, en las que, respectivamente, un sistema de amortiguación único se conecta al sistema de control de flexión o un sistema de control se proporciona para cada bloque de soporte de los elementos de montaje de los rodillos;

Las Figuras 7, 8 y 9 muestran esquemáticamente, de acuerdo con la presente invención, las realizaciones preferidas de la invención en combinación con los diagramas anteriores de las Figuras 5 y 6;

Las Figuras 10a - 10e muestran las disposiciones de las jaulas de laminación en las que se puede aplicar la presente invención.

[0052] Los mismos números y las mismas letras de referencia en las figuras identifican los mismos elementos o componentes.

Descripción detallada de una realización preferida de la invención

[0053] Con referencia a la Figura 4, se muestra esquemáticamente un sistema para controlar la planeidad a través de la flexión controlada de los cilindros de trabajo (flexión) del tipo bloque E, que muestra los circuitos hidráulicos que determinan el movimiento de los cilindros en los que se aplica la presente invención. En particular, las líneas discontinuas muestran los circuitos de accionamiento de una flexión negativa, es decir, que conduce a una aproximación mutua de los rodillos entre sí. Las líneas continuas muestran los circuitos de accionamiento de una flexión positiva, es decir que conduce a un distanciamiento mutuo de los rodillos uno respecto a otro. Los dos bloques de soporte opuestos tienen los elementos de montaje de dos rodillos en el mismo lado.

[0054] Con referencia a una jaula de acuerdo con la Figura 1, se muestra un modelo dinámico simplificado de una jaula de este tipo. Este muestra los modos de vibración típicos de la jaula a diferentes valores de frecuencia: en particular, en el ejemplo, los modos de vibración se obtienen para las frecuencias de 132, 174, 544 y 666 Hz, que dependen de las características dimensionales y elásticas de la jaula en cuestión. Por lo tanto, mediante la variación de los parámetros de masa, rigidez elástica y amortiguación, las frecuencias de resonancia naturales cambian, a partir de lo que se da a entender que cada sistema de rodillos tiene sus propias frecuencias de resonancia.

[0055] Gracias a la presente invención, independientemente de las condiciones de estado transitorias o estables que generan la inestabilidad, la fuerza F_v se cancela por el efecto de la amortiguación opuesta F_s .

[0056] La Figura 2 muestra un ejemplo de vibración resonante de la tercera octava cuando el sistema de amortiguación está desactivado; en particular, el gráfico superior de la figura muestra una variación en la tolerancia de espesor que, al momento en que comienza la vibración irregular, indicado por una línea discontinua vertical, comienza a salir de las condiciones óptimas indicadas por una banda generalmente de $\pm 2 \mu\text{m}$, debido a que el espesor se vuelve inestable debido a que la resonancia se produce a una frecuencia más alta que el ancho de banda del sistema para el control de la planeidad del tren de laminación. El gráfico inferior muestra una tendencia en la fuerza que induce tales variaciones en la tolerancia.

[0057] Por lo tanto, el espesor de la cinta se somete a cambios que pueden alcanzar y superar $\pm 50 \mu\text{m}$, con el riesgo de roturas en la cinta.

[0058] Además, la Figura 1 muestra esquemáticamente los modos de vibración de una jaula de laminación que comprende dos rodillos y dos rodillos de soporte individuales cuando el sistema de amortiguación presente se desactiva.

[0059] Numerosos ensayos han demostrado que es altamente ventajoso aplicar dicha amortiguación a los elementos lo más cerca posible de la cinta que está siendo laminada, lo que confirma que la solución ofrecida por la presente invención consigue los objetos anteriores, a través de la integración de un dispositivo de amortiguación de vibraciones en el dispositivo para controlar la flexión de los rodillos, es decir, en el sistema para el control de la planeidad de los rodillos de trabajo (flexión).

[0060] Con referencia a la disposición de bloque E (véase Figura 4), cuatro pares de elementos de soporte 2, 2', 2'' y 2''' definen cada uno una E. Dichos elementos de soporte en forma de E se colocan unos frente a otros de dos en dos, de manera que las patas de una E están orientadas hacia las patas de la otra E. Con referencia a las Figuras 4, 5 y 6, entre las cavidades definidas por dichos bloques E se insertan los extremos 3a, 3b y 3'a, 3'b de los elementos

de montaje 3 y 3' de los rodillos 1 y 1'. Del mismo modo, esto ocurre para ambos extremos de los rodillos en relación con los bloques 2, 2' y 2" y 2"". Dentro de las cavidades de cada bloque en forma de E están los actuadores hidráulicos 21, 21' y 22, 22' y 23, 23' y 24, 24'. Los cuatro primeros actúan sobre dicho segundo rodillo 1', mientras que del segundo al cuatro actúan sobre dicho primer rodillo 1.

[0061] En particular, el movimiento de los actuadores hidráulicos se coordina de tal manera que la elevación del primer rodillo 1 se corresponde con el descenso del segundo rodillo 1' y viceversa. Por lo tanto, los pares de actuadores 21, 21' y 24, 24' trabajan de manera coordinada entre sí en la misma dirección de aproximación/distanciamiento mutuo, mientras que los pares 22, 22' y 23, 23' trabajan de manera coordinada entre sí en la misma aproximación/distanciamiento.

[0062] El movimiento de dichos actuadores se puede aplicar a través de dos colectores separados 18 y 19 para la alimentación de los circuitos hidráulicos que conectan una bomba hidráulica (no mostrada) a través de servoválvulas apropiadas 16 y 17. Véanse Figuras 4, 5 y 6.

[0063] El colector 18 se conecta a las ramificaciones del circuito hidráulico, mostradas por las líneas discontinuas, a un control positivo de flexión, mientras que el colector 19 se conecta a las ramificaciones del circuito hidráulico, que se muestra por las líneas continuas, al control negativo de flexión.

[0064] Por lo tanto, este sistema para el control de la planeidad de los rodillos de trabajo (flexión), por medio de servoválvulas 16 y 17, controla la presión en la cámara activa de los cilindros hidráulicos 21, 21' y 22, 22', 23, 23' y 24, 24' con sensores de presión que generan señales que se utilizan en el bucle cerrado del sistema de control de la planeidad de los rodillos de trabajo (flexión).

[0065] Dichas servoválvulas 16 y 17 conectan, de este modo, los dos colectores 19 y 18 a una tubería de alta presión P alimentada por dicha bomba hidráulica (no mostrada) o por una tubería de baja presión T. A partir de los símbolos mostrados en las servoválvulas que se muestran en los dibujos, su función está clara para la persona experta en la materia.

[0066] Dichas servoválvulas tienen respuestas de frecuencia que no son compatibles con las frecuencias de resonancia que se desean atenuar.

[0067] De acuerdo con la presente invención, una acción de amortiguación se acciona a través de dichos circuitos hidráulicos para controlar la flexión mediante la actuación apropiada de los actuadores hidráulicos para el control de la flexión.

[0068] De acuerdo con una realización preferida de la invención, dicho sistema de amortiguación S se conecta entre los colectores 18 y 19 para la alimentación de dichos actuadores hidráulicos para controlar la flexión (véase Figura 5), mientras que, de acuerdo con otra variante preferida mostrada en la Figura 6, se proporciona un sistema de amortiguación S que se conecta en las inmediaciones de cada bloque de soporte 2, 2', 2", 2"" entre las tuberías de flexión positiva y negativa.

[0069] La presente invención se presta adecuadamente para la retroadaptación de los trenes de laminación existentes, debido a que el sistema de control de flexión pre-existente sigue funcionando como se ha diseñado, sin verse afectado por el funcionamiento a alta frecuencia del sistema de amortiguación de vibraciones.

[0070] Con la ayuda de las Figuras 6, 7, 8 y 9, se describen algunas variantes de la invención en detalle. Estas figuras se refieren esquemáticamente a un solo lado del tren de laminación con referencia a los soportes 2 - 2' o 2" - 2"", pero se entiende que la solución se puede aplicar a ambos lados de la jaula de laminación. Además, las conexiones hidráulicas que se muestran con líneas discontinuas se refieren al control de flexión positivo.

Primera variante

[0071] De acuerdo con una primera variante pasiva de la invención (véase Figura 7), un primer actuador electro-hidroestático 25 se conecta entre los colectores 18 y 19 anteriores.

[0072] Dicho actuador electro-hidroestático comprende una primera bomba hidráulica 25B conectada hidráulicamente entre dichos colectores 18 y 19 y conectada al rotor de un motor asociado 25A subordinado a la bomba a través de una conexión rígida, por ejemplo, una junta. Un elemento elástico 33, por ejemplo, un muelle de torsión, se conecta entre dicha junta y parte a tierra. Como resultado, este elemento elástico se encuentra en paralelo con la junta de conexión entre el motor eléctrico 25A y la bomba hidráulica 25B.

[0073] Una segunda bomba hidráulica 25C se conecta hidráulicamente entre dichos colectores 18 y 19 en la dirección opuesta a la primera bomba hidráulica, es decir, de manera que su rotor gira en la dirección opuesta a dicha primera bomba hidráulica 25B cuando se someten a la misma onda de presión que se propaga de un colector a otro. Un muelle de torsión adicional 32 conecta los rotores de las dos bombas hidráulicas 25B y 25C. Los

devanados del motor eléctrico 25A se conectan a una carga eléctrica pasiva, preferentemente un circuito de resistencia inductiva 31, que tiene preferentemente impedancia variable.

[0074] La conexión mecánica creada por medio de dicho segundo muelle de torsión 32 determina que los dos rotores están conectados rígidamente por ondas de presión de baja frecuencia y son independientes de las ondas de presión a altas frecuencias.

[0075] Esta disposición permite el mantenimiento de diferentes presiones entre los colectores 18 y 19 cuando se impone una flexión positiva o negativa en el tren de laminación, en el que es posible detectar diferencias de presión en el orden de 200 bar o más entre los dos colectores hidráulicos 18 y 19.

[0076] A alta frecuencia, es decir, cuando se produce la aparición de fenómenos de vibración irregular, los dos rotores son independientes, por lo que los movimientos del rotor 25B, que se conecta rígidamente al rotor del motor eléctrico 25A, se amortiguan por las corrientes de Foucault que se generan en el mismo motor eléctrico 25A. Por tanto, el motor 25A actúa como un amortiguador. Dichas corrientes de Foucault crean un par de torsión que se opone a los giros del rotor, lo que da como resultado un efecto de amortiguación accionado por los circuitos de control de flexión hidráulicos /colectores 18 y 19.

[0077] De esta manera, la inercia del amortiguador 25A y de la bomba 25B se convierte en un sistema resonante con respecto al muelle 33 conectado a tierra.

[0078] Esta variante se puede proporcionar para los devanados del motor 25A pudiendo cerrarse en un corto circuito o conectarse a un circuito de resistencia inductiva variable pasivo adecuado 31, a fin de adaptar la respuesta de amortiguación a las características dinámicas de la jaula de laminación que pueden, por ejemplo, cambiar en relación con el material que está siendo laminado, la velocidad de laminación, las dimensiones de los rodillos y/o el soporte, sus masas, etc.

[0079] Dado que el motor 25A no se alimenta por ninguna fuente de alimentación externa, el mismo define una disposición pasiva del dispositivo amortiguador que es el objeto de la presente invención.

Segunda variante

[0080] Con referencia a la Figura 8, al menos un actuador electro-hidrostático 45 comprende un motor eléctrico 45A conectado a una bomba 45B a través de una junta rígida. La bomba 45B se conecta hidráulicamente entre dichos colectores 18 y 19.

[0081] La misma define una disposición activa del sistema de amortiguación, debido a que el motor eléctrico 45A se suministra para amortiguar la vibración irregular.

[0082] Además, un elemento elástico 43 se conecta entre dicha junta rígida y la tierra, por ejemplo, un primer muelle de torsión 43.

[0083] La presente variante es comparable a la variante anterior con respecto a la parte hidráulica y mecánica, en la que una primera bomba hidráulica 45B se conecta hidráulicamente entre dichos colectores 18 y 19, y una segunda bomba hidráulica 45C se conecta hidráulicamente entre dichos colectores 18 y 19 en la dirección opuesta a la primera, es decir, de tal manera que su rotor gira en la dirección opuesta a la primera bomba hidráulica 45B cuando se someten a la misma onda de presión que se propaga de un colector a otro. Un segundo muelle de torsión 42 conecta los rotores de las dos bombas hidráulicas 45B y 45C.

[0084] Los velocímetros 27 y 28 miden el movimiento/velocidad de los elementos de montaje de los rodillos 1 y 1' y las respectivas señales se utilizan por un controlador C y son, posiblemente, amplificadas por un amplificador de señal A para aumentar la potencia y controlar dicho actuador o actuadores electro-hidrostáticos 45 con el fin de generar una acción de amortiguación F_s que anule dicha fuerza F_v . Por lo tanto, esta variante es activa.

[0085] En particular, los velocímetros 27 y 28 se instalan, por ejemplo, en los elementos de montaje 3 y 3' de los cilindros de laminación 1, 1', para medir su velocidad de vibración en tres direcciones coordinadas. Se presta especial atención a la componente vertical con respecto al plano de laminación. Tales mediciones de velocidad generan un error de entrada para el sistema de control 46 que comprende dicho controlador C y dicho amplificador A, que genera una señal de control y la potencia del motor eléctrico 45A subordinado a la bomba hidráulica 5B.

[0086] También en este caso, una acción de amortiguación se acciona a través de los circuitos de los actuadores hidráulicos del sistema para el control de la planeidad de los rodillos de trabajo 1, 1' (flexión).

[0087] Además, la inercia del amortiguador representado por el motor eléctrico 45A y la bomba 45B se comporta como un sistema resonante con respecto al muelle 43 conectado a la tierra.

[0088] Además, la presente variante, que opera a frecuencias más altas que las frecuencias de corte de las servoválvulas 16 y 17 para controlar la flexión, significa que la acción de amortiguación no interactúa con el control de la flexión.

5 **[0089]** Por lo tanto, los actuadores de flexión hidráulicos 21, 21' y 22, 22' y 23, 23' y 24, 24' se controlan simultáneamente mediante el sistema de control de la flexión y mediante el sistema de control 46 por medio de dicho actuador electro-hidrostático 45 en una disposición denominada activa.

Tercera variante

10 **[0090]** Una variante pasiva, que no se muestra, es intermedia con respecto a las dos variantes descritas anteriormente.

15 **[0091]** Esta prevé la presencia de velocímetros conectados a los conectores de los rodillos y un sistema de control que, en base a las señales de los velocímetros, controla las características de la impedancia del circuito de resistencia inductiva al que se conectan los devanados del motor eléctrico que definen el actuador electro-hidrostático en la Figura 7. En este caso, el sistema de amortiguación también es pasivo, porque el motor o motores eléctricos no se alimentan para amortiguar la vibración irregular.

Cuarta variante

20 **[0092]** Con referencia a la figura 9, una variante activa de la invención proporciona el velocímetro 29 y 30 que está instalado en los elementos de montaje 3 y 3' de los rodillos 1 y 1' para medir la desviación/velocidad de los elementos de montaje de los cilindros de laminación en tres direcciones, con particular referencia a la componente vertical con respecto al plano de laminación. Tales mediciones generan una señal de entrada eléctrica que define un error para un sistema de control 56, que genera una señal de salida, posiblemente amplificada por un amplificador A, para la alimentación y control, en un bucle cerrado, de un actuador piezoeléctrico 58, conectado al eje de un primer cilindro hidráulico 59.

30 **[0093]** El primer cilindro hidráulico 59 es del tipo de doble cámara, y la primera cámara 59A se conecta hidráulicamente a uno de dichos colectores 18 y 19, por ejemplo, el colector 18, y la otra cámara 59B se conecta hidráulicamente al otro colector, por ejemplo 19.

35 **[0094]** Un segundo cilindro hidráulico 69 es del tipo de doble cámara, y se conecta en la dirección opuesta al primer cilindro hidráulico 59, de tal manera que los ejes de los dos cilindros se mueven en direcciones opuestas bajo el efecto de una sobrepresión en un colector con respecto al otro colector.

40 **[0095]** Dado que dichos ejes están conectados entre sí por un muelle adecuado 70, permanecen inmóviles bajo el efecto de una diferencia de presión estable entre los dos colectores.

45 **[0096]** Las vibraciones irregulares se detectan por el sistema de control 56 que controla el desplazamiento de dicho actuador piezoeléctrico 58 de tal manera que el movimiento del eje del primer cilindro 59, conectado al actuador piezoeléctrico 58, se opone a las ondas de presión de alta frecuencia, amortiguando por tanto las mismas. Por lo tanto, mediante el control de dicho actuador piezoeléctrico 58 apropiadamente, es posible generar un amortiguador F_s que anule dicha fuerza F_v medida a través de dichos velocímetros 29 y 30.

[0097] Se puede proporcionar un actuador piezoeléctrico adicional que se conecta al eje del segundo cilindro hidráulico 69 tal como para trabajar en oposición al otro actuador piezoeléctrico 69.

50 **[0098]** Dado que los dos cilindros hidráulicos están conectados de forma opuesta, el resultado es que los dos actuadores piezoeléctricos funcionan al unísono para la amortiguación de la vibración irregular.

55 **[0099]** Ventajosamente, la invención resuelve el problema anterior de la vibración irregular mediante la generación de una fuerza de amortiguación F_s , en oposición de fase con respecto a la fuerza F_v que se genera durante un proceso de laminación y que define dichas vibraciones de resonancia. El resultado de la aplicación de este efecto de amortiguación se muestra en la Figura 3. Esta figura muestra, en forma resumida, tres gráficos que son sincrónicos en el tiempo: el gráfico superior muestra una variación de la tolerancia del espesor de una cinta laminada a lo largo del tiempo; el gráfico que aparece a continuación muestra la tendencia de una fuerza F_v , y el gráfico en la parte inferior muestra la tendencia de un amortiguador F_s .

60 **[0100]** Se puede observar, en dicha Figura 3, que al momento de iniciar la vibración, el desplazamiento de un rodillo tiende a moverse fuera de la tolerancia de $\pm 2 \mu\text{m}$, mientras que el amortiguador F_s en oposición de fase con respecto a la fuerza F_v , reduce o elimina el desplazamiento del rodillo devolviéndolo a dicho $\pm 2 \mu\text{m}$.

65 **[0101]** Un tren de laminación novedoso de acuerdo con la presente invención puede comprender un dispositivo para controlar los actuadores de flexión, conectados a velocímetros instalados en los elementos de montaje de los

rodillos para controlar las válvulas de solenoide subordinadas a las acciones de recuperación de la planeidad de la cinta y para controlar el sistema de amortiguación de vibración.

5 **[0102]** Tales dispositivos de amortiguación se pueden aplicar ventajosamente a todos los sistemas para la flexión de los rodillos que son conocidos en la técnica anterior y se muestran a modo de ejemplo en la Figuras 10.

[0103] La presente invención se ha descrito con referencia a una disposición de bloque E, pero el hecho es que puede adaptarse fácilmente a diferentes disposiciones por la persona experta en la materia.

10 **[0104]** Además, las posibles disposiciones de jaulas que se muestran en las Figuras 10 son solo ilustrativas y se suministran a modo de ejemplo no limitativo.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema amortiguador de vibraciones de un tren de laminación que comprende al menos una caja de laminación que tiene rodillos (1,1') y un sistema de ajuste de flexión (3, 3', 17, 18, 21, 21' y 22, 22'; 23, 23', 24, 24') de los rodillos (1, 1'), comprendiendo el sistema amortiguador de vibraciones:
 - actuadores hidráulicos (21, 21'; 22, 22'; 23, 23'; 24, 24') para actuar sobre dichos rodillos (1, 1') para ajustar la posición recíproca entre los rodillos (1, 1'),
 - circuitos hidráulicos (18, 19) para la alimentación de dichos actuadores hidráulicos (21, 21'; 22, 22'; 23, 23', 24, 24'),
 - medios de amortiguación hidráulica ((25, 31, 32), (27, 28, 45, 46, 42), (29, 30, 56, 58, 59, 70)) de una fuerza F_v conectados a dichos circuitos hidráulicos (18, 19) para accionar un amortiguador por medio de dichos actuadores hidráulicos (21, 21'; 22, 22'; 23, 23'; 24, 24'),**caracterizado por que**
 - dichos medios de amortiguación hidráulica ((25, 31, 32), (27, 28, 45, 46, 42), (29, 30, 56, 58, 59, 70)) comprenden:
 - un primer elemento hidráulico pasivo (25B, 45B, 59) que comprende una parte móvil respectiva, conectada entre dichos circuitos de alimentación hidráulica (18, 19),
 - Un segundo elemento hidráulico pasivo (25C, 45C, 69) que comprende una parte móvil respectiva, conectado entre dichos circuitos de alimentación hidráulica (18, 19) en forma opuesta con respecto a dicho primer elemento hidráulico pasivo (25B, 45B, 59),
 - un primer elemento elástico (32, 42, 70) que conecta dichas partes móviles respectivas de dichos primer y segundo elementos hidráulicos pasivos ((24C, 25B), (45A, 45B), (59, 69)) entre sí,
 - al menos un dispositivo de amortiguación electrodinámico (25A, 45A, 58) conectado rígidamente a una de dichas partes móviles de dicho primer (25B, 45B, 59) o segundo elemento hidráulico pasivo (25C, 25B, 69).
2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos elementos hidráulicos pasivos es una bomba hidráulica (25A, 25B, 45A, 45B) y en el que
 - dicho elemento de amortiguación electrodinámico comprende un motor eléctrico (25A, 45A),
 - dicha conexión rígida, entre el motor eléctrico (25A, 45A) y dichas partes móviles de dicho primer (25B, 45B, 59) o segundo elemento hidráulico pasivo (25C, 25B, 69), se conecta a tierra por medio de un segundo elemento elástico (33, 43).
3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además un circuito de óhmica inductiva pasivo (31) eléctricamente conectado a los devanados de dicho motor eléctrico (25A).
4. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 3, que comprende además:
 - medios de medición de vibraciones (27, 28) de los rodillos (1,1'),
 - medios de procesamiento (46) conectados a dichos medios de medición de vibraciones (27, 28) y que controlan las propiedades de impedancia de dicho circuito de óhmica inductiva pasivo (31).
5. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además:
 - medios de medición de vibraciones (27, 28) de los rodillos (1,1'),
 - medios de procesamiento (46) conectados a dichos medios de medida de las vibraciones (27, 28) y que alimentan dicho motor eléctrico (45A) con el fin de amortiguar las vibraciones de los rodillos (1, 1').
6. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho muelle elástico (32, 42) es un muelle de torsión.
7. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:
 - cada uno de dichos elementos hidráulicos pasivos comprende un cilindro hidráulico (59, 69) del tipo de doble cámara, cuya una cámara se conecta a un circuito hidráulico positivo (18) del sistema de ajuste de flexión de los rodillos (1,1') y otra cámara se conecta a un circuito hidráulico negativo (19) del sistema de ajuste de flexión de los rodillos (1,1')
 - dicho dispositivo electrodinámico es un actuador piezoeléctrico (58)
 - y que comprende además:
 - medios de medición de vibraciones (29, 30) de los rodillos (1,1'),
 - medios de procesamiento (56) conectados a dichos medios de medición de vibraciones (29, 30) y que alimentan dicho motor piezoeléctrico (58) a fin de amortiguar las vibraciones de los rodillos (1,1').

8. Un kit de amortiguación de las vibraciones en un tren de laminación que comprende un sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

9. Un tren de laminación que comprende un kit de amortiguación de vibraciones de acuerdo con la reivindicación 8.

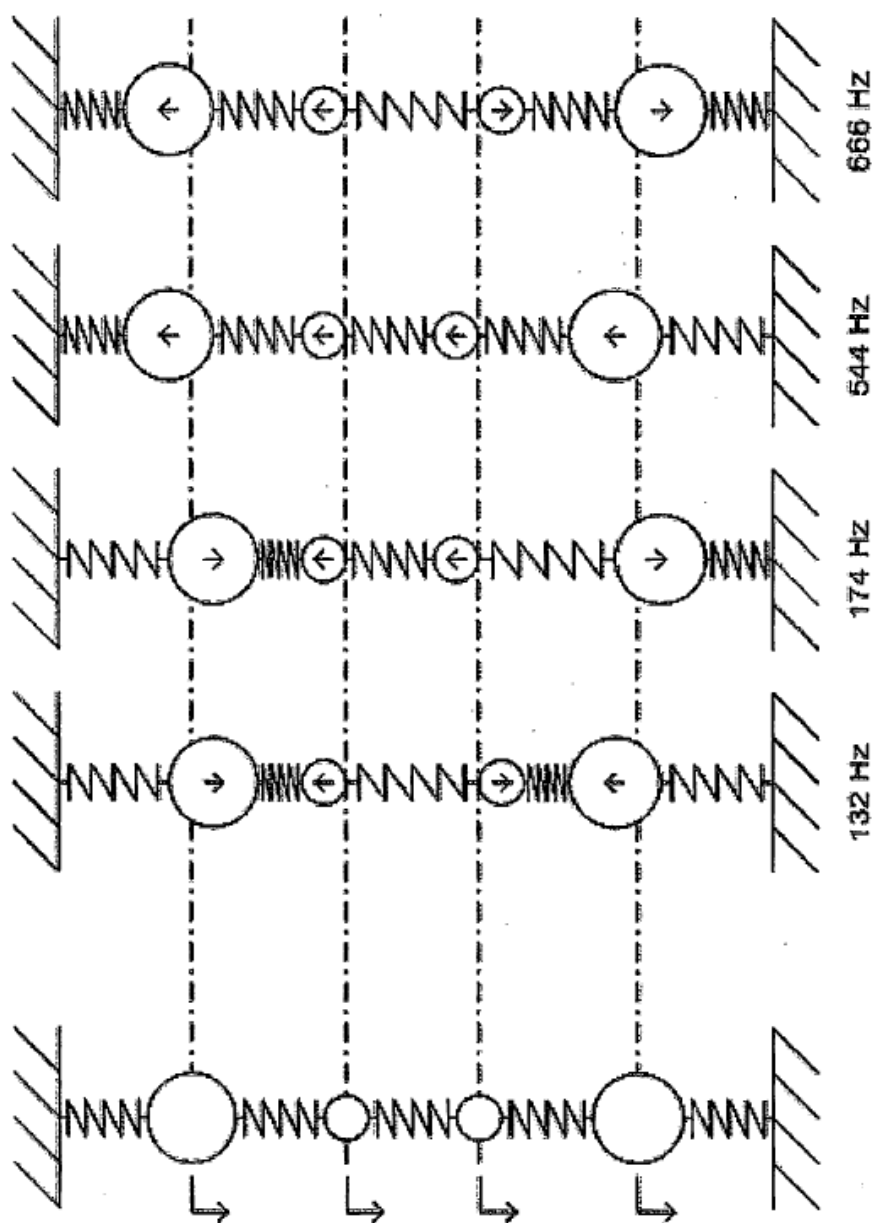


Fig. 1

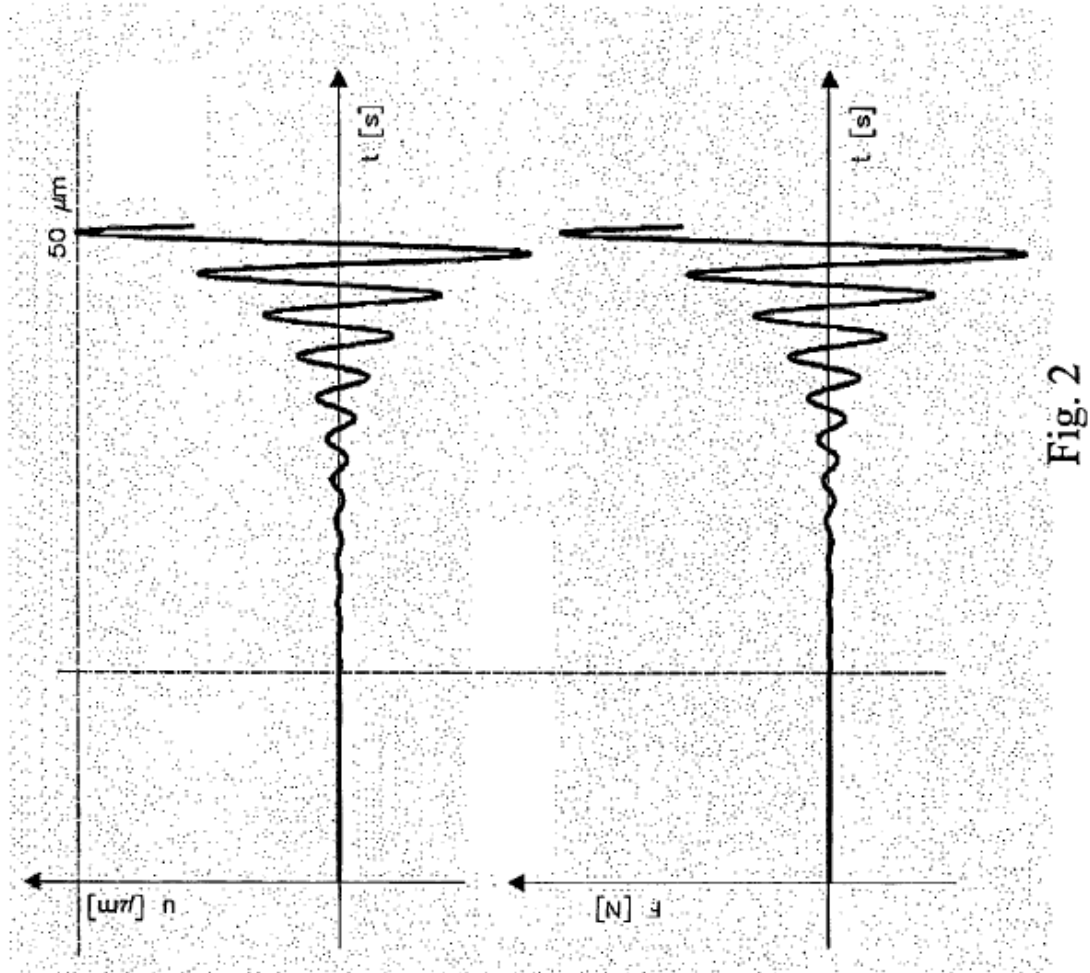


Fig. 2

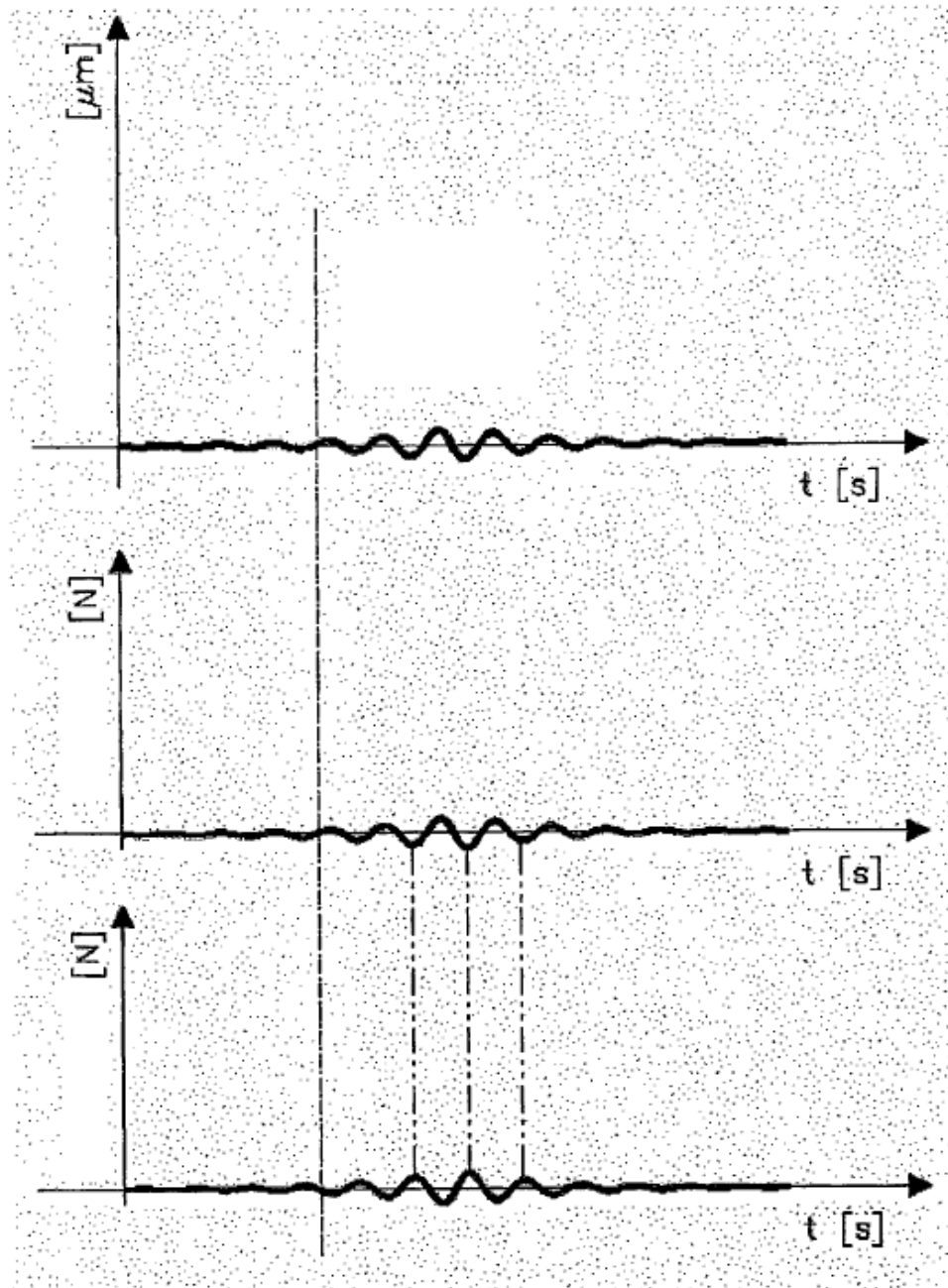


Fig. 3

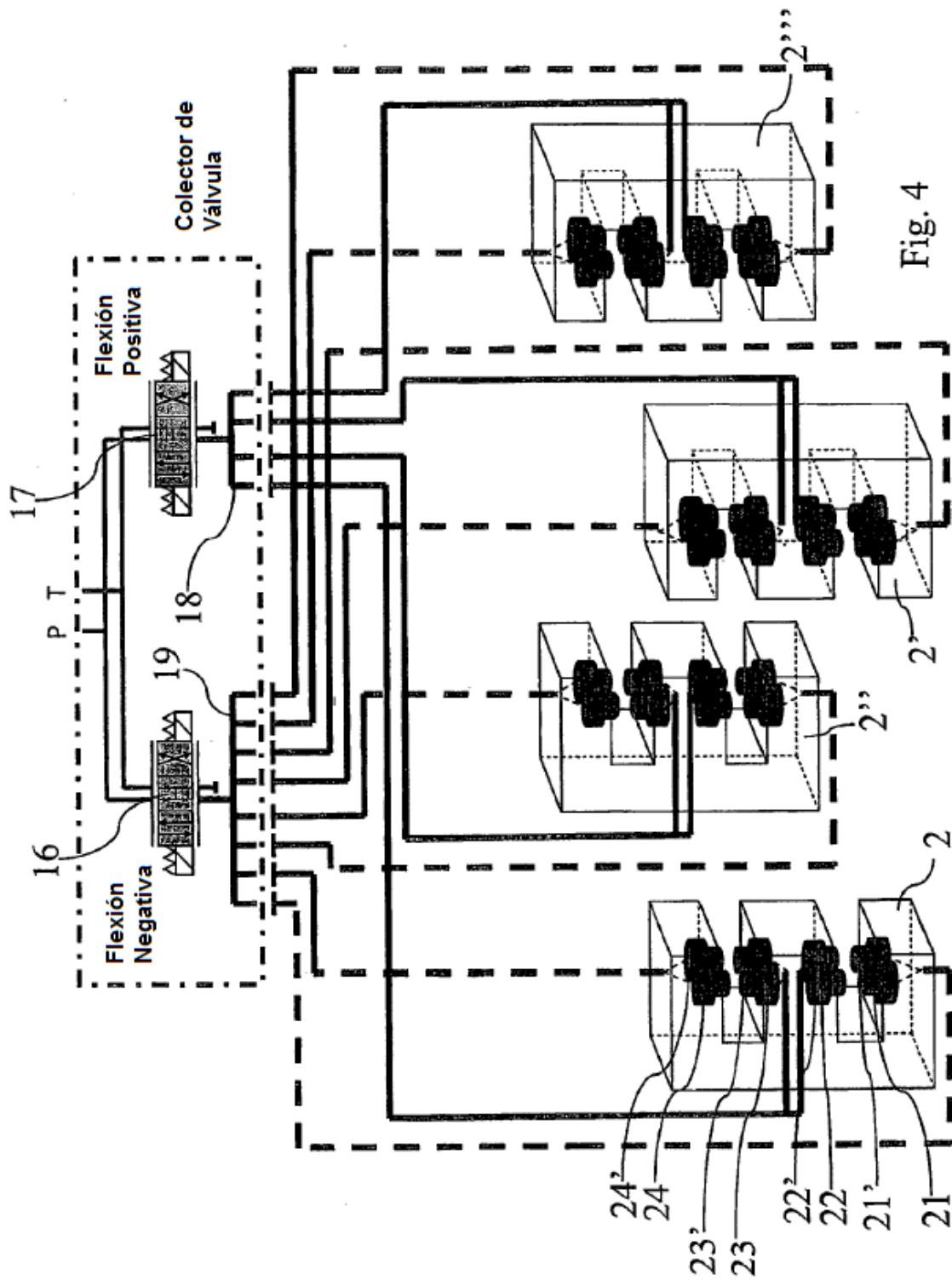


Fig. 4

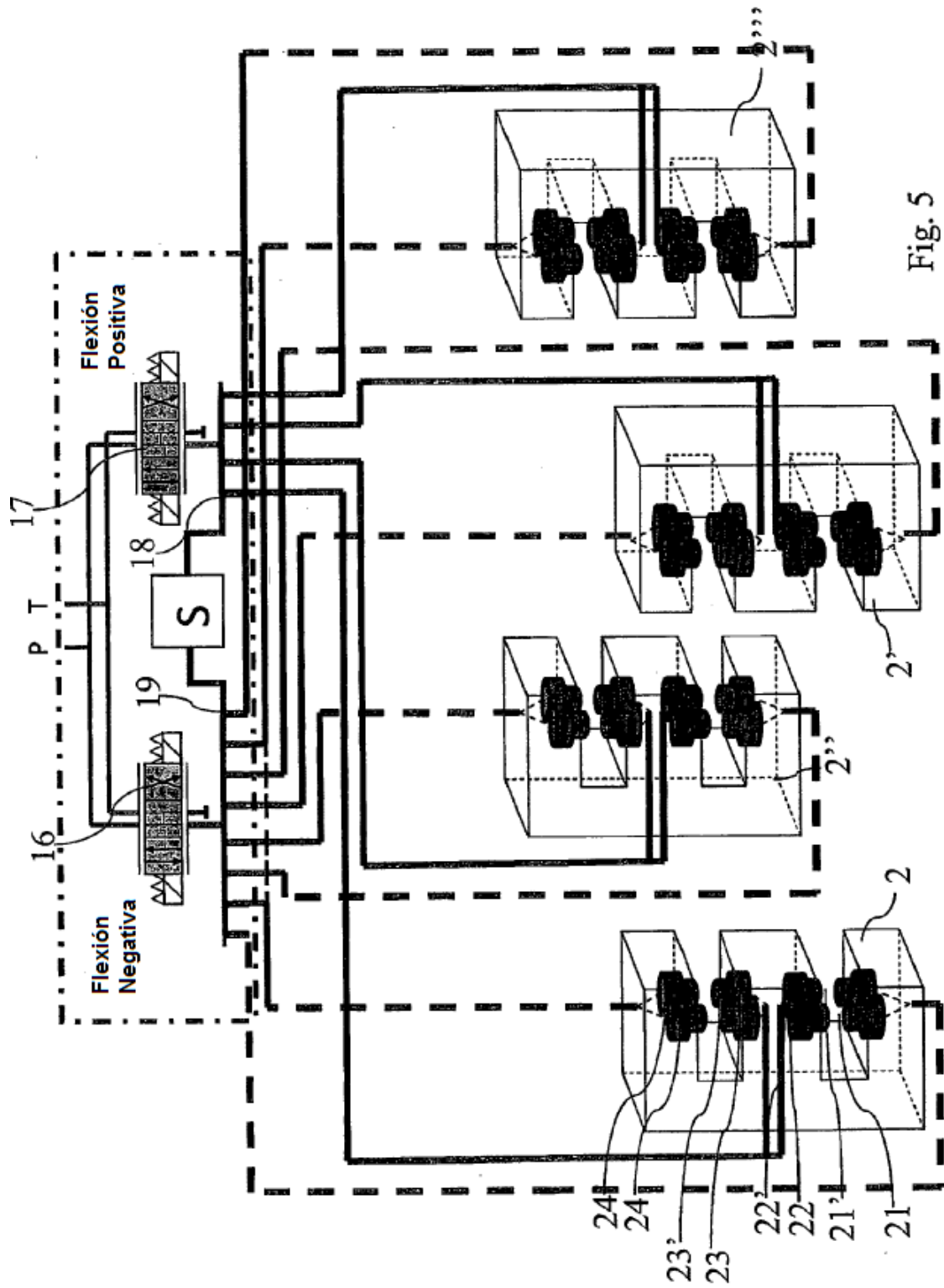


Fig. 5

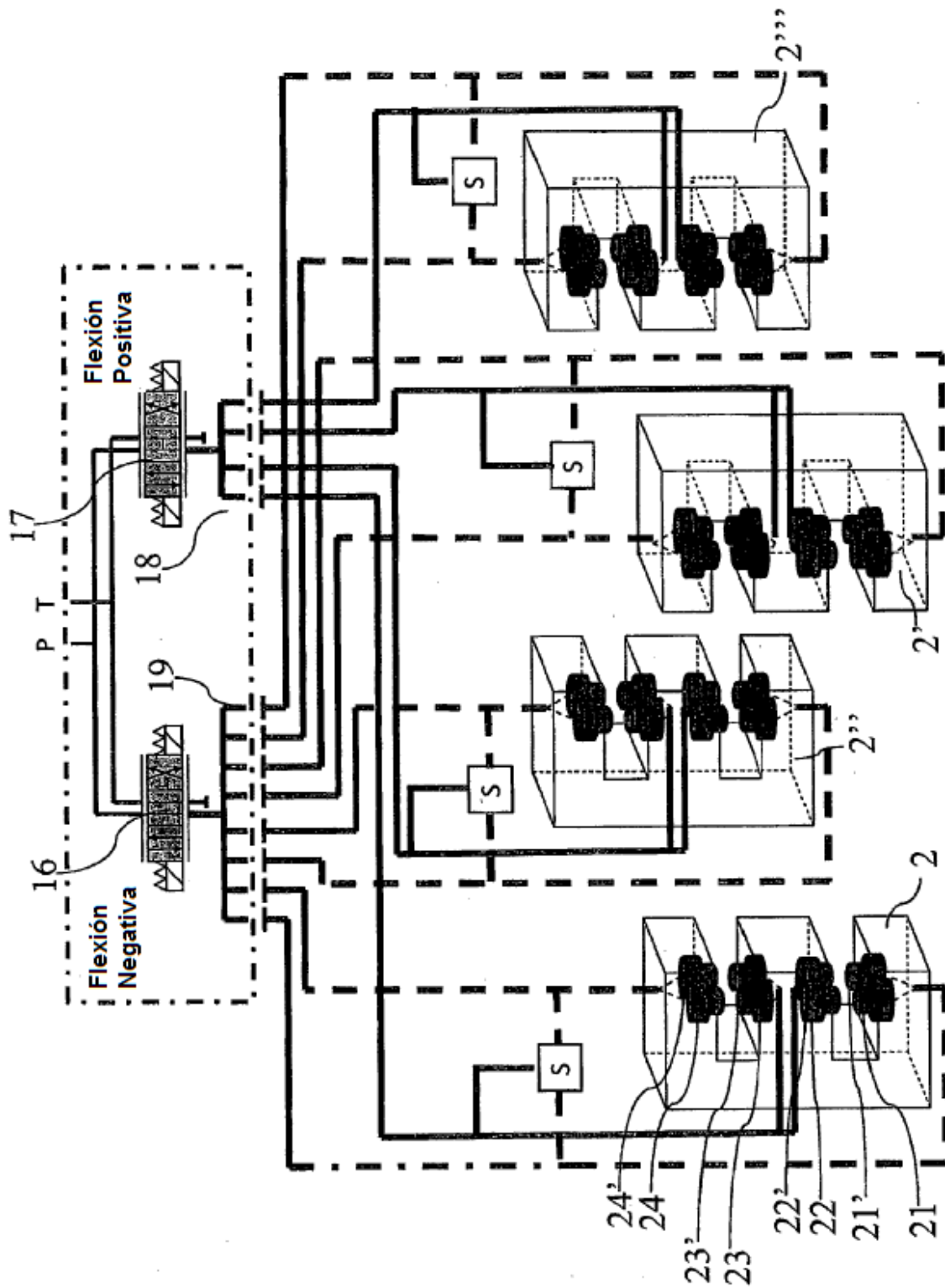


Fig. 6

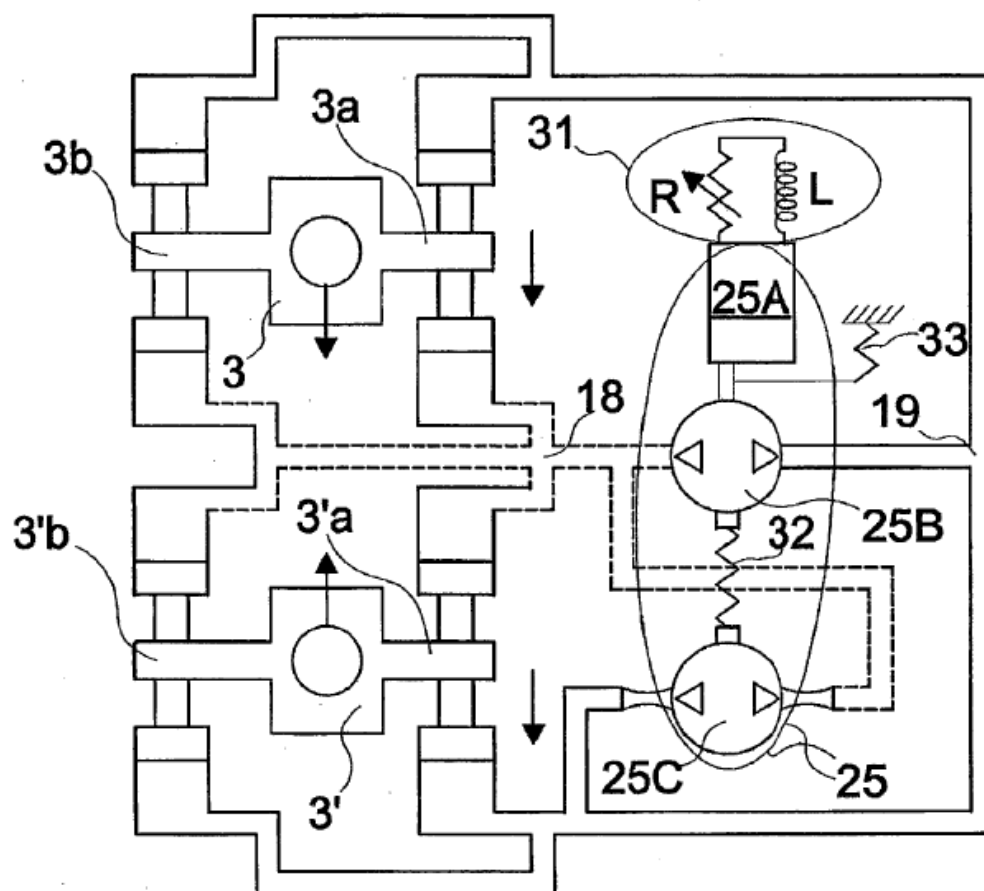


Fig. 7

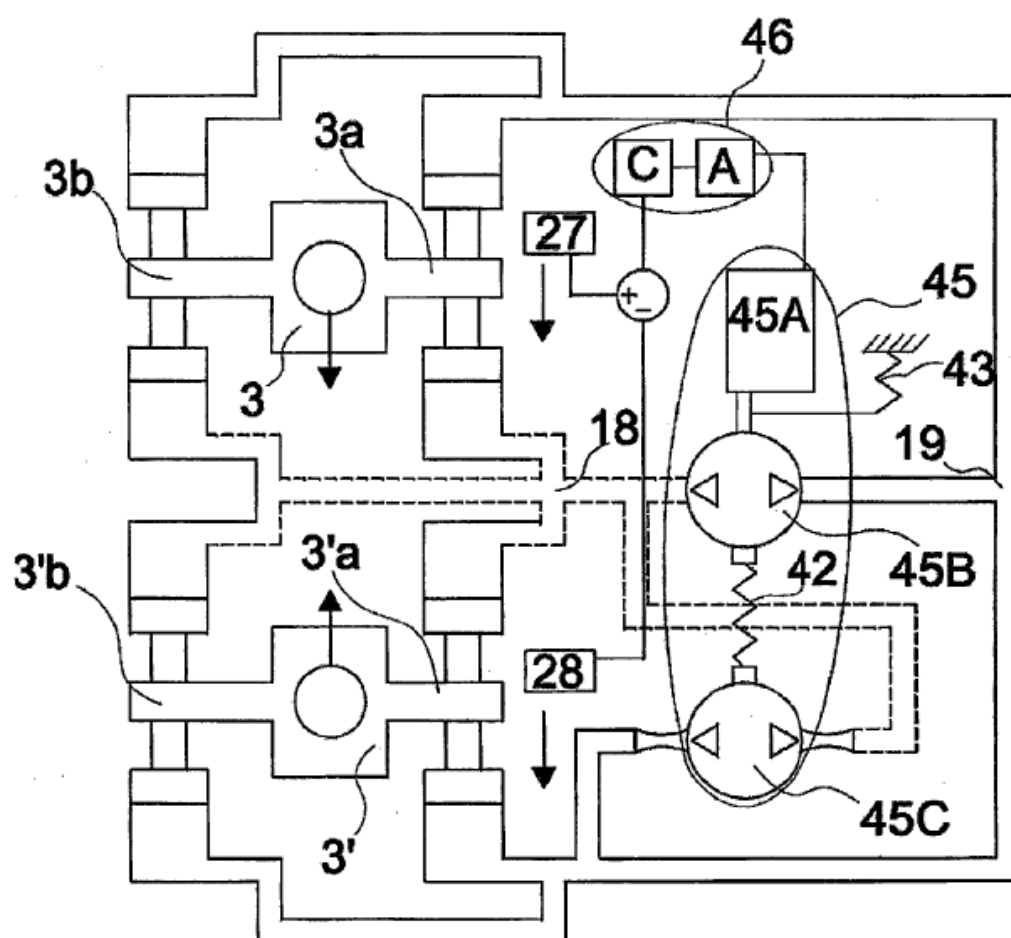


Fig. 8

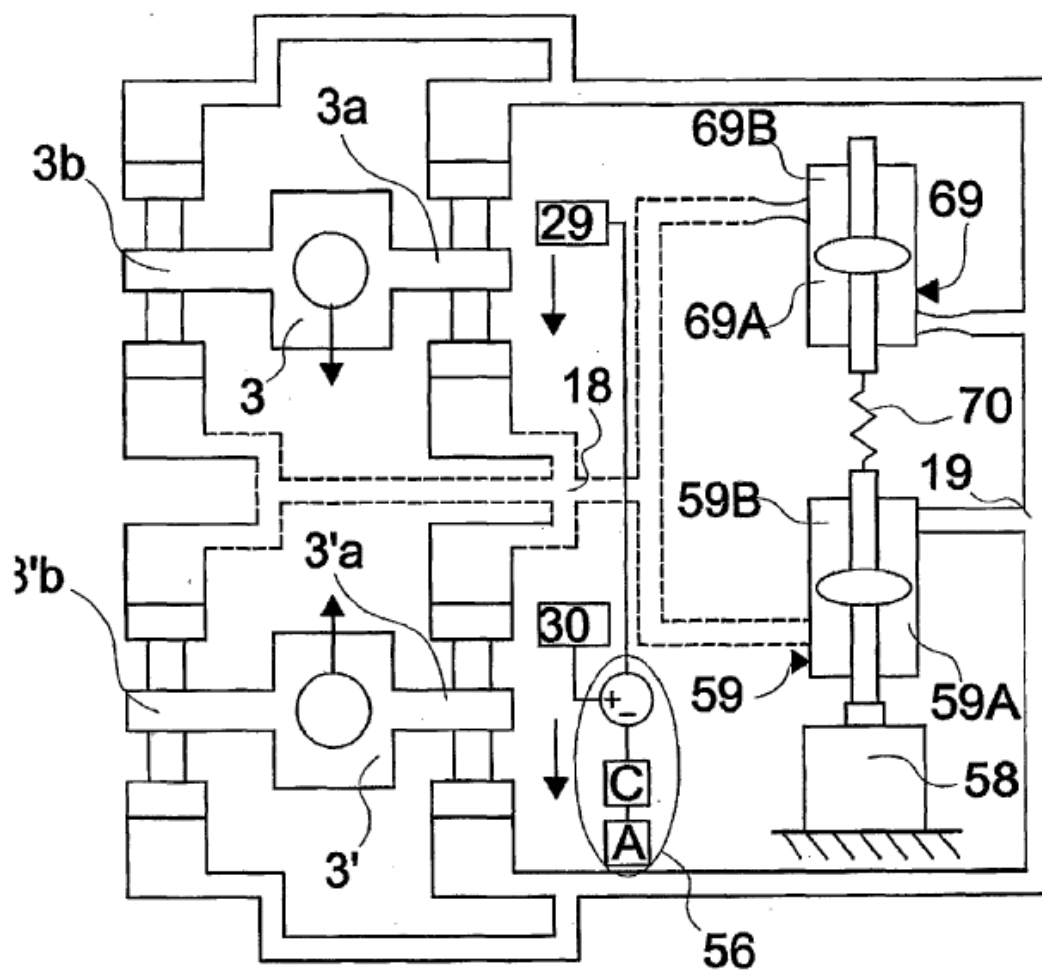


Fig. 9

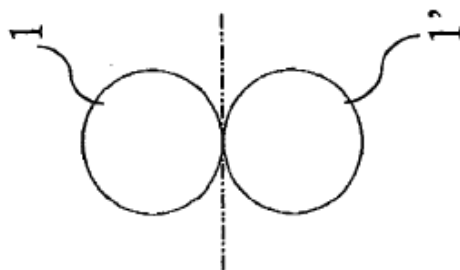


Fig. 10a

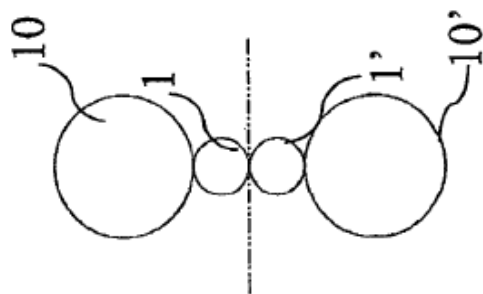


Fig. 10b

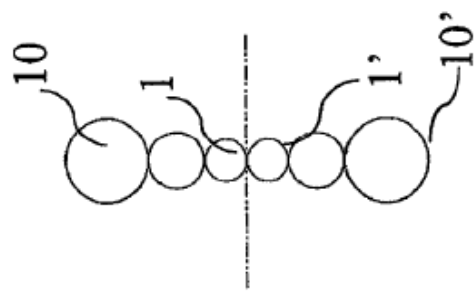


Fig. 10c

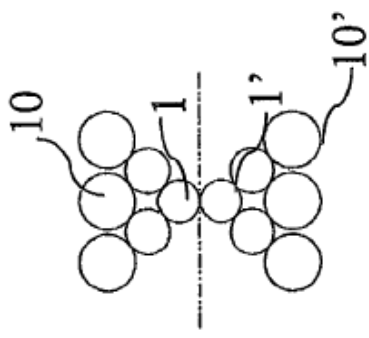


Fig. 10d

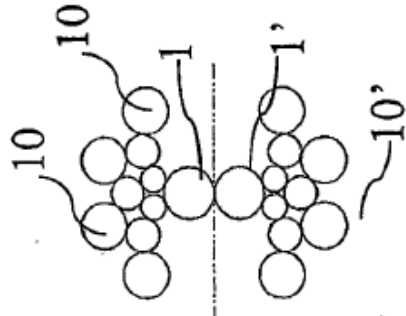


Fig. 10e