

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 669 273**

51 Int. Cl.:

B21B 37/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2014 PCT/IB2014/067214**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2015 WO15092775**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2014 E 14833276 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 3083091**

54 Título: **Sistema de amortiguación de vibraciones activo de un tren de laminación**

30 Prioridad:

20.12.2013 IT MI20132170

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

24.05.2018

73 Titular/es:

DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE, S.P.A.

(100.0%)

Via Nazionale 41

33042 Buttrio, IT

72 Inventor/es:

DEL TEDESCO, STEFANO y

DE LUCA, ANDREA

74 Agente/Representante:

RUO , Alessandro

ES 2 669 273 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 de amortiguación de vibraciones activo de un tren de laminación

5 Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un sistema de vibración de amortiguación de un bastidor de laminación, particularmente para el laminado en frío de bandas.

10 Técnica antecedente

15 **[0002]** Los bastidores de laminación que comprenden, como se muestra en la Fig. 1, al menos un par de rodillos o cilindros de trabajo o de laminación 1, 1' que están directamente en contacto con la banda durante el proceso de laminación, se usan para el laminado en frío de bandas. Uno de los dos rodillos de trabajo se superpone en vertical al otro.

20 **[0003]** Tal configuración está limitada en las fuerzas aplicables para la deformación elástica de los propios rodillos. Para obviar este inconveniente, se utilizan bastidores de laminación que comprenden múltiples rodillos, incluyendo al menos dos rodillos de laminación 1, 1' y dos rodillos de reposo 10, 10' que se oponen a la deformación elástica de los rodillos de laminación 1, 1', cuyos rodillos de laminación están destinados a estar en contacto directo con el material a laminar, como se muestra en el esquema de la Fig. 1 b.

25 **[0004]** Se conocen otras configuraciones de bastidores de laminación de la técnica anterior, donde dos rodillos son rodillos de trabajo, dos rodillos son rodillos intermedios, y dos rodillos son rodillos de reposo. También se conocen configuraciones que tienen múltiples cilindros o rodillos, mostrándose algunas, por ejemplo, en las Figs. 1c, 1d, 1e.

30 **[0005]** Cada bastidor de laminación está dotado de varios accionadores hidráulicos, que incluyen:
 - dos cilindros hidráulicos colocados, por ejemplo, en la parte superior del bastidor o debajo del bastidor, y que actúan sobre los calzos de reposo para ajustar la distancia entre los rodillos de laminación, controlando así el espesor de la banda que se lamina;
 - cuatro o más cilindros hidráulicos de flexión para cada calzo de los rodillos de trabajo, definiendo un denominado sistema de control de flexión que, actuando sobre los calzos de los rodillos de trabajo, cambia su deformación elástica permitiendo el control de la planitud de la banda que se lamina.

35 **[0006]** La fuerza de laminación se aplica sobre los cuellos de los rodillos de reposo para controlar el espesor de la banda que se lamina, mientras que se aplican fuerzas adicionales, por medio del sistema de control de flexión, sobre los calzos de los rodillos de trabajo para controlar la planitud de la banda que se lamina.

40 **[0007]** El sistema de flexión se controla a través de servoválvulas que controlan la presión dentro de las cámaras de los cilindros hidráulicos de flexión con el fin de obtener la extensión deseada de la deformación elástica para los rodillos de trabajo.

45 **[0008]** Las servoválvulas que controlan la flexión de los rodillos tienen tiempos de respuesta del orden de 50-200 ms con frecuencias de corte menores de 50 Hz.

50 **[0009]** La velocidad de laminación define cada capacidad del tren de laminación individual, ya que básicamente todos los trenes de laminación intentan rodar durante el máximo tiempo posible a velocidades que están próximas a las velocidades máximas alcanzables por el tren de accionamiento y permitidas por la potencia instalada en la planta.

[0010] Durante el proceso de laminación, puede generarse cierto forzamiento que, en ciertas condiciones, puede desencadenar resonancias principalmente en la dirección de disposición vertical de los rodillos de trabajo.

55 **[0011]** Dichos forzamientos pueden ser generados por:
 - la propia banda, debido a su espesor intrínseco o variaciones de dureza;
 - las variaciones de fricción dentro de la sala de laminación, especialmente cuando se alcanza la velocidad límite que da como resultado la rotura, incluso temporal, de la película lubricante;
 60 - defectos inducidos en los rodillos de trabajo durante las operaciones de rectificado;
 - condiciones inadecuadas de la mecánica del bastidor, tales como desgaste, holguras entre varios componentes y rodamientos dañados;
 - al mismo tiempo, laminado de material duro junto con una fuerte reducción de espesor y alta velocidad de

laminación.

5 **[0012]** Los bastidores de laminación, al igual que cualquier elemento mecánico, tienen algunas frecuencias de resonancia peculiares. Si dichos forzamientos tienen frecuencias que se aproximan a, o coinciden con dichas frecuencias de resonancia peculiares, se pueden inducir algunos fenómenos de vibración. Dichos fenómenos se producen con un movimiento de los rodillos, transversalmente a la dirección de laminación, es decir, se producen en vertical y pueden alcanzar anchos que no se pueden controlar y no son adecuados para el proceso de laminación.

10 **[0013]** Dichos fenómenos se conocen como chirridos y pueden generar defectos superficiales, tales como marcas de bandas claras/oscuras o variaciones de espesor que dan como resultado el desperdicio de la banda laminada, dependiendo de los defectos de cómo vibre el bastidor.

15 **[0014]** Para evitar defectos o roturas de la banda que se está laminando, lo que puede dañar el bastidor de laminación, tras la detección de un fenómeno de chirrido, la persona encargada de controlar el proceso de laminación usualmente reduce la velocidad de laminación o aplica procedimientos de amortiguación para tal fenómeno.

20 **[0015]** Se conocen en la técnica dos tipos principales de chirrido como vibraciones de tercera o quinta octava. La resonancia de la tercera octava se produce a frecuencias de 100 a 200 hercios, mientras que la de la quinta octava se produce a frecuencias de 500 a 700 hercios.

25 **[0016]** Dichos fenómenos se caracterizan por diferentes modos de vibración: una resonancia de tercera octava induce un primer modo de vibración en el que un rodillo de trabajo y el rodillo de reposo relacionado se mueven en consecuencia, mientras que los rodillos superior e inferior vibran en la fase contraria; una resonancia de quinta octava induce un segundo modo de vibración, en el que los rodillos de trabajo vibran mientras los rodillos de reposo están inmóviles.

30 **[0017]** Cuando estos fenómenos de resonancia se producen durante el proceso de laminación, la velocidad de laminación puede reducirse del 20 al 50% de la velocidad de diseño del tren de laminación.

[0018] Por lo tanto, el chirrido es un problema significativo que afecta a la operatividad de los trenes de laminación porque, además de causar el desperdicio del producto, reduce significativamente su capacidad de producción.

35 **[0019]** Teniendo en cuenta la importancia de este problema, el fenómeno de chirrido en el proceso de laminación ha sido objeto de profundas actividades de estudio y experimentación.

40 **[0020]** Mediante la aplicación de sensores de vibración o velocímetros montados adecuadamente en los bastidores de laminación, la activación de un fenómeno de resonancia puede determinarse y señalizarse para anticipar la desaceleración del tren de laminación tanto como sea posible.

[0021] Dichos sistemas se usan actualmente de una manera totalmente automática y permiten una verificación constante y continua del nivel de vibración del tren de laminación, promoviendo también los programas de mantenimiento preventivo de los mismos.

45 **[0022]** Dichos sistemas permiten minimizar la caída cualitativa, pero no resuelven el problema relacionado con la reducción en la capacidad de producción de la planta de laminación.

50 **[0023]** La fabricación de sistemas de amortiguación de vibraciones activos o pasivos ha sido objeto de estudio, para permitir procesos de laminación a velocidades cada vez más próximas a las velocidades de diseño del tren de laminación.

55 **[0024]** El documento AT507087A4 divulga un aparato y un método para la reducción semiactiva de oscilaciones de presión en un sistema hidráulico de un tren de laminación en frío o en caliente. En dicho documento, "Semi-active reduction of pressure oscillations" significa una reducción del ancho de oscilación de presión en un sistema hidráulico por medio de un amortiguador de oscilación de presión pasiva, donde la frecuencia natural del amortiguador pasivo puede cambiarse por medio de un accionador. La enseñanza técnica de este documento es evitar el uso de sistemas activos de amortiguación de vibraciones, ya que la energía adicional introducida en el sistema hidráulico, a través del accionador, empeora de manera importante la estabilidad de todo el sistema y puede deteriorar la respuesta del sistema. Particularmente, la solución del documento AT507087A4 proporciona la reducción de la vibración de presión en una línea hidráulica usando un resonador Helmholtz. El sistema permite disipar la energía vibratoria del fluido en una cámara conectada a la línea hidráulica, diferente de la cámara del cilindro hidráulico, reduciendo así las oscilaciones de presión dentro de la línea hidráulica. El sistema de amortiguación es pasivo y se controla para calibrar el sistema de acuerdo con la frecuencia de funcionamiento

correcta, modificando el volumen de la cámara. El accionador simplemente cambia el volumen del resonador sin inyectar más fluido en el sistema hidráulico. Esta variación del volumen cambia la frecuencia natural del amortiguador de oscilación, adaptando de este modo la frecuencia natural del amortiguador de oscilación a la frecuencia de oscilación de presión.

5 [0025] Se sugiere un ejemplo adicional de sistema de amortiguación pasiva en el documento WO00/23204, donde un accionador piezoeléctrico actúa sobre el fluido hidráulico de un sistema de regulación de rodillo. El accionador piezoeléctrico está incrustado en una de las paredes de un recipiente a presión del sistema hidráulico, de tal forma que el accionador puede realizar solamente un desplazamiento del fluido hidráulico, causando así una variación de la presión dentro del recipiente que conduce a una regulación del tren de laminación de cilindros múltiples. También en este caso, el accionador no inyecta más fluido en el sistema hidráulico.

Resumen de la invención

15 [0026] Es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema de amortiguación activo para las vibraciones de resonancia de un tren de laminación en frío, que es simple y fácilmente factible, al tiempo que mantiene una alta eficacia.

20 [0027] Es un objeto adicional de la presente invención proporcionar un sistema de amortiguación activa para las vibraciones de resonancia de un tren de laminación en frío, que es alternativo y mejorado en comparación con la técnica conocida, que asegura una mayor simplicidad general y un tamaño pequeño. La presente invención se refiere a un sistema de amortiguación de vibraciones activo para un bastidor de laminación, en particular para bandas de laminación, que comprende dos o más rodillos de trabajo con calzos respectivos, comprendiendo el sistema de amortiguación, de acuerdo con la reivindicación 1, una pluralidad de accionadores hidráulicos que tienen pistones móviles respectivos, actuando sobre dichos calzos, y cámaras respectivas; un circuito hidráulico para alimentar dicha pluralidad de accionadores hidráulicos; uno o más inyectores dentro de dicho circuito hidráulico; caracterizado por que dichos uno o más inyectores se disponen directamente dentro o en la proximidad de la estructura de las cámaras respectivas de los accionadores hidráulicos para accionar una amortiguación activa de las vibraciones de los rodillos de trabajo, estando dichos inyectores adaptados para inyectar aceite presurizado en una cámara respectiva de los accionadores hidráulicos bajo el control de una unidad de control electrónico.

30 [0028] El circuito hidráulico comprende ventajosamente:

- 35 - una línea de accionamiento de baja presión adaptada para extraer aceite, u otro fluido hidráulico adecuado, desde una primera estación hidráulica o instalación para alimentar dichos accionadores hidráulicos,
- y una ramificación o línea de alta presión, es decir, que tiene una presión de aceite más alta que la presión operativa a lo largo de la línea de accionamiento, adaptada para extraer aceite, u otro fluido hidráulico adecuado, desde una segunda estación hidráulica o instalación.

40 [0029] Los inyectores están adaptados para poner en comunicación las cámaras respectivas de los accionadores hidráulicos con dicha ramificación de alta presión, actuando sustancialmente, en una variante preferida, como tapas de las cámaras respectivas.

45 [0030] De acuerdo con la invención, la inyección de fluido está determinada por la diferencia de presión entre la ramificación o línea de alta presión, aproximadamente 1000 bares, por ejemplo, y la presión operativa de la línea de actuación de baja presión, aproximadamente 200 bares, por ejemplo. El sistema de accionamiento de los inyectores está destinado a abrir un orificio de acuerdo con un algoritmo de control conocido.

50 [0031] Los inyectores, que son preferiblemente del tipo piezoeléctrico para obtener una respuesta más rápida y eficaz en la amortiguación de las vibraciones que se producen en un bastidor de laminación para el laminado en frío de bandas, se disponen ventajosamente directamente dentro del cuerpo o en la proximidad directa de los accionadores hidráulicos para mejorar aún más la respuesta del sistema hidráulico.

55 [0032] Además, el sistema de amortiguación de la invención es exclusivamente un sistema de amortiguación activa porque la energía se introduce adicionalmente en el sistema hidráulico a través de los inyectores. Por lo tanto, el sistema de amortiguación de la invención actúa de una manera dinámica, ejerciendo algunos forzamientos en el sistema hidráulico, mediante la inyección de nuevo fluido en el sistema hidráulico. El sistema de amortiguación aplica convenientemente una fuerza mediante la inyección de aceite nuevo en función de la velocidad de desplazamiento del rodillo, para hacer que el sistema hidráulico sea estable. En esencia, el sistema de amortiguación activa de la invención aplica una fuerza opuesta a la fuerza de la vibración, por lo que se introduce una nueva perturbación en el sistema hidráulico que cancela la perturbación creada por la vibración.

[0033] Las reivindicaciones dependientes describen realizaciones preferidas de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

5 **[0034]** Otras características y ventajas de la invención se harán más evidentes a partir de la descripción detallada de las realizaciones preferidas, pero no exclusivas, de un sistema de amortiguación activa para las vibraciones de resonancia de un tren de laminación, particularmente un tren de laminación en frío para bandas, mostrado a modo de ejemplo no limitante con la ayuda de los dibujos adjuntos, en los que:

10 Las Figs. 1a-1e muestran algunos ejemplos de configuraciones de bastidor de laminación de la técnica anterior a las que se puede aplicar un sistema de amortiguación de vibraciones activo de acuerdo con la presente invención;
la Fig. 2 muestra los modos de vibración de un bastidor de laminado sin un sistema de amortiguación activa;
15 la Fig. 3 muestra dos gráficos que representan una variación de espesor de una banda laminada en el tiempo y un patrón de un forzamiento en el mismo período de tiempo que determina dicha variación de espesor, respectivamente; la línea discontinua vertical que indica un instante de tiempo cuando tiene lugar el fenómeno y la línea discontinua horizontal que indica un límite de rotura de la banda;
20 la Fig. 4 muestra esquemáticamente, de acuerdo con la presente invención, ejemplos de tres gráficos adicionales, que representan, de arriba a abajo, una variación de espesor de una banda laminada en el tiempo, un patrón de forzamiento en el mismo período de tiempo que determina dicha variación de espesor, y un patrón de una acción de amortiguación destinada a eliminar el efecto de dicho forzamiento;
la Fig. 5 muestra un esquema para implementar el sistema de amortiguación activa de la invención en los calzos de un bastidor de laminación de un tren de laminación;
25 la Fig. 5a muestra una variante de parte del esquema de la Fig. 5;
la Fig. 6 muestra un esquema de un componente del sistema de amortiguación activa de la invención en una primera variante;
la Fig. 7 muestra un esquema de un componente del sistema de amortiguación activa de la invención en una segunda variante alternativa;
30 la Fig. 8 muestra un esquema de un componente del sistema de amortiguación activa de la invención en una tercera variante alternativa.

[0035] Los mismos números de referencia y letras en los dibujos identifican los mismos elementos o componentes.

35 Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención

[0036] Con referencia a un bastidor del tipo de la Fig. 2, se muestra un modelo dinámico simplificado de un bastidor de laminación para bandas. Los modos de vibración típicos del bastidor a diferentes valores de frecuencia se muestran en el mismo: particularmente, en ese ejemplo, los modos de vibración se obtienen para frecuencias de 40 132, 174, 544, 666 Hz que dependen de las características dimensionales y elásticas del bastidor bajo examen. Por lo tanto, a medida que varían los parámetros de volumen, rigidez elástica y amortiguación, las frecuencias de resonancia natural cambian, sabiendo que cada bastidor de laminación tiene sus propias frecuencias de resonancia.

45 **[0037]** Debido a la amortiguación activa de la presente invención, independientemente de las condiciones transitorias o estacionarias que generan la inestabilidad, el forzamiento F_v se cancela debido a la amortiguación opuesta de F_s .

50 **[0038]** La Fig. 3 muestra un ejemplo de la vibración resonante de la tercera octava cuando el sistema de amortiguación activa de la invención se desactiva o no se proporciona. Específicamente, en el gráfico superior de la Fig. 3, se muestra una variación de la tolerancia del espesor de la banda que, en el punto donde el chirrido se desencadena (indicado por una línea discontinua vertical) comienza a sobrepasar sus condiciones óptimas indicadas por una banda que generalmente es de $\pm 2 \mu\text{m}$; por lo tanto, el espesor se vuelve variable ya que la resonancia tiene lugar a una frecuencia más alta que la banda de paso del sistema de control de la planitud del tren de laminación. En el gráfico inferior de la Fig. 3, se muestra un patrón del forzamiento que induce dichas variaciones de 55 tolerancia. Por lo tanto, en casos similares, el espesor de la banda laminada experimenta variaciones que pueden alcanzar y superar $\pm 50 \mu\text{m}$, con el riesgo de romper la propia banda.

60 **[0039]** Además, la Fig. 2 muestra esquemáticamente los modos de vibración de un bastidor de laminación que comprende dos rodillos de trabajo 1, 1' y solamente dos rodillos de reposo 10, 10', cuando el sistema de amortiguación activa de la invención está ausente o desactivado.

[0040] La invención incluye la integración de un dispositivo de amortiguación de vibraciones activo, como se describe en detalle a continuación, dentro del dispositivo para controlar la flexión de los rodillos de trabajo 1 y 1', es

decir, dentro del sistema para controlar la planitud (flexión) de los rodillos de trabajo.

5 **[0041]** Con referencia a la configuración esquemática del sistema de amortiguación activa en la Fig. 5, se muestra el calzo 20 de un rodillo de trabajo superior 1 pero, para facilitar la comprensión, el calzo del rodillo de trabajo inferior 1', que es igual al calzo 20 excepto que se dispone simétricamente, no se ha mostrado. Los extremos 20a, 20b del calzo 20 se disponen respectivamente entre los pistones 3', 3'', 3''', 3^{iv} de los accionadores hidráulicos 2', 2'', 2''' y 2^{iv}, también denominados simplemente cilindros de flexión.

10 **[0042]** Específicamente, el movimiento de los accionadores hidráulicos 2', 2'', 2''' y 2^{iv} está coordinado de manera que una elevación del rodillo superior 1 corresponda a una bajada del rodillo inferior 1', y viceversa. Para ello, los pares de accionadores 2', 2'' y 2''', 2^{iv} trabajan coordinados juntos en la misma dirección de aproximación/separación mutua, mientras que los pares (no mostrados) de accionadores hidráulicos que funcionan en el calzo del rodillo inferior 1', trabajan coordinados juntos en la misma dirección de aproximación/separación mutua.

15 **[0043]** Los cilindros de flexión 2', 2'', 2''' y 2^{iv} se alimentan típicamente por una línea de accionamiento 11 que extrae aceite de una manera conocida de una instalación o planta hidráulica adecuada (no mostrada en la Fig. 5). Para cada cilindro de flexión 2', 2'', 2''' y 2^{iv}, se proporcionan además uno o más inyectores respectivos 8', 8'', 8''', 8^{iv}, que se controlan por medios mecánicos, como en la Fig. 6, o por medio de válvulas solenoides, como en la Fig. 8. Preferiblemente, los inyectores son del tipo piezoeléctrico, como se muestra en el esquema de la Fig. 7, tal variante permite una reacción mucho mejor al control. Los inyectores colocan las cámaras 6', 6'', 6''', 6^{iv} de los cilindros de flexión 2', 2'', 2''' y 2^{iv} en comunicación con una ramificación altamente presurizada 12 del circuito hidráulico proporcionado en la planta de laminación.

25 **[0044]** El inyector 68, que se muestra en el esquema de la Fig. 6, que está controlado mecánicamente por medio de una leva que actúa con una fuerza de accionamiento dirigida en la dirección de la flecha 61, tiene una válvula 62 del tipo de solenoide para controlar el aceite presurizado, que se controla sincrónicamente con la acción de la leva inyectando aceite desde el orificio 65 en la cámara 6', 6'', 6''', 6^{iv}, de acuerdo con un algoritmo de control que produce la amortiguación activa de las vibraciones para eliminar el fenómeno de chirrido.

30 **[0045]** El inyector 88, mostrado en el esquema de la Fig. 8 y similar al de la Fig. 6, proporciona el control de inyección de aceite por medio de una válvula de solenoide hidráulica 82 e inyecta el aceite en la cámara 6', 6'', 6''', 6^{iv} a través del orificio 85.

35 **[0046]** Los inyectores del tipo piezoeléctrico, con referencia particular a la Fig. 7, donde el esquema de uno de ellos se muestra con el número de referencia 78, que puede usarse en la presente solución, también son del tipo usado para alimentar combustible en motores diesel, al igual que los inyectores anteriores, con una alta dinámica de control y un intervalo mínimo de 200 μs entre dos inyecciones posteriores; dichos inyectores están disponibles comercialmente. Se entiende que todos los inyectores 8', 8'', 8''', 8^{iv} son perfectamente iguales entre sí, independientemente de su cantidad.

40 **[0047]** Los inyectores piezoeléctricos 8', 8'', 8''', 8^{iv} son accionados eléctricamente y controlados adecuadamente de manera coordinada por una unidad de control electrónico 5, o unidad de control CU que, basándose en las señales recibidas por los instrumentos para detectar las vibraciones que se producen dentro del bastidor, detecta el nivel de vibración y controla la válvula piezoeléctrica 72 (Fig. 7) con una conveniente ley de amortiguación activa, es decir, mediante un algoritmo de control adecuado de tipo conocido, que controla la apertura y cierre de la válvula requerida para producir la amortiguación activa.

45 **[0048]** La unidad de control electrónico 5, cuando es necesario, activa las válvulas piezoeléctricas 72 de los inyectores piezoeléctricos 8', 8'', 8''', 8^{iv} a través de un control eléctrico, para introducir instantáneamente aceite a alta presión en las cámaras de los cilindros de flexión 2', 2'', 2''' y 2^{iv} a través del orificio 75 de la ramificación altamente presurizada 12, para amortiguar las vibraciones no deseadas dentro del bastidor de laminación de acuerdo con la ley de amortiguación mencionada anteriormente.

55 **[0049]** El proceso de control del inyector que permite producir la amortiguación activa incluye las siguientes fases:
 1) detectar el fenómeno de chirrido mediante el control continuo realizado con dichos instrumentos de detección, tales como sensores de vibraciones o velocímetros,
 2) procesar los datos adquiridos en la unidad de control electrónico 5, y
 3) controlar los inyectores 8', 8'', 8''', 8^{iv} para hacer que introduzcan aceite en las cámaras de flexión 6', 6'', 6''', 6^{iv} para amortiguar las vibraciones verticales del bastidor.

60 **[0050]** La presión operativa del aceite dentro de las cámaras de flexión 6', 6'', 6''', 6^{iv} de los cilindros de flexión 2', 2'', 2''' y 2^{iv} y a lo largo de la línea de actuación 11 de los cilindros de flexión alcanza aproximadamente 200 bares. La

presión de aceite dentro de la línea de alta presión 12 es de 700-1800 bares y corresponde a la presión a la que se introduce el aceite en las cámaras de flexión 6', 6'', 6''', 6^{iv} de los cilindros de flexión 2', 2'', 2''', 2^{iv} cuando los inyectores piezoeléctricos 8', 8'', 8''', 8^{iv} abren su válvula y permiten que el aceite fluya.

5 **[0051]** En una primera variante, preferiblemente los inyectores piezoeléctricos 8', 8'', 8''', 8^{iv} se colocan de manera ventajosa directamente dentro de la estructura de las respectivas cámaras de flexión 6', 6'', 6''', 6^{iv} de los cilindros de flexión 2', 2'', 2''', 2^{iv}, estando el orificio de inyección en comunicación directa con la cámara de flexión respectiva para tener un efecto inmediato y óptimo, y evitar el deterioro resultante necesariamente si el efecto de amortiguación se aplica a lo largo de la línea de alimentación, en una mayor distancia de la cámara de flexión respectiva.

10 **[0052]** Dependiendo de las presiones implicadas en el sistema de amortiguación activa de la invención, también pueden proporcionarse dos o más inyectores piezoeléctricos 8', 8'', 8''', 8^{iv} para cada uno de los cilindros de flexión 2', 2'', 2''', 2^{iv}, a fin de lograr un rango aún más amplio de efectos y oponerse a cualquier tipo de vibraciones que puedan ocurrir dentro de la planta de laminación.

15 **[0053]** Una segunda variante, mostrada en la Fig. 5a, proporciona los inyectores 8', 8'', 8''', 8^{iv} ventajosamente colocados en proximidad directa a la estructura de las respectivas cámaras de flexión 6', 6'', 6''', 6^{iv} de los cilindros de flexión 2', 2'', 2''', 2^{iv}. Por simplicidad, solo un inyector y solo una cámara de flexión 6' se muestran en la Fig. 5a.

20 **[0054]** Preferiblemente, el orificio de inyección del inyector individual está en comunicación directa con un primer lado de un manguito de conexión 50, por ejemplo, en forma de T, colocado en la proximidad de la cámara de flexión respectiva y conectado a la misma por medio de una extensión de conducto 51, para tener todavía un efecto inmediato y óptimo y evitar el deterioro resultante necesariamente si el efecto de amortiguación se aplica a lo largo de la línea de alimentación o accionamiento 11, a una distancia mayor de la cámara de flexión respectiva. La distancia entre el manguito de conexión 50 y la estructura de la cámara de flexión respectiva 6' varía preferiblemente de 0,5 a 10 m, preferiblemente de 0,5 a 1 m, de 1 a 5 m, de 5 a 10 m. La extensión de conducto 51 cubre la distancia entre el manguito de conexión 50 y la estructura de la cámara de flexión respectiva 6', conectando un segundo lado del manguito de conexión 50 a la cámara de flexión 6'. La línea de accionamiento 11 está conectada a dicha extensión de conducto 51 por medio de un tercer lado del manguito de conexión 50.

25 **[0055]** El aceite de la línea de amortiguación activa se extrae ventajosamente, pero no necesariamente, de la estación hidráulica 9 (Fig. 5) del bastidor de laminación, se filtra y se inserta en una línea o ramificación o carril común de distribución de alta presión 12, que con su volumen compensa la diferencia de presión instantánea debida a los inyectores. La bomba 7 se puede controlar en par (sin escobillas) para mantener constante la presión en la línea. Opcionalmente, también se puede usar un pequeño acumulador 4 (Fig. 5).

35 **[0056]** Debido a la configuración del sistema de amortiguación activa descrito anteriormente de la invención, se logran varias ventajas:

- 40 - usando inyectores que ya están ampliamente disponibles comercialmente para otras aplicaciones, la fabricación del sistema de amortiguación activa da como resultado una ventaja considerable en términos de costes;
- 45 - en la variante preferida que incluye la disposición de inyectores en la cámara del cilindro de flexión, o en su proximidad, se explota todo el efecto de amortiguación resultante de la inyección de aceite a alta presión;
- el sistema de amortiguación activa es de pequeño tamaño;
- la simplicidad de la planta que se puede obtener en el diseño de la planta de laminación no es de importancia secundaria, ya que no es necesaria la fabricación de una nueva planta hidráulica compleja además de la existente.

50 **[0057]** Los elementos y características que se muestran en las diferentes realizaciones preferidas se pueden combinar sin apartarse del alcance de la protección de la presente invención.

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Un sistema de amortiguación de vibración activo para un bastidor de laminación, en particular para bandas de laminación, que comprende dos o más rodillos de trabajo (1, 1') con unos calzos respectivos (20), comprendiendo el sistema de amortiguación:
- 10 una pluralidad de accionadores hidráulicos (2', 2'', 2''', 2^{iv}) que tienen unos pistones móviles respectivos (3', 3'', 3''', 3^{iv}) que actúan sobre dichos calzos (20), y unas cámaras respectivas (6', 6'', 6''', 6^{iv}), un circuito hidráulico para alimentar dicha pluralidad de accionadores hidráulicos (2', 2'', 2''', 2^{iv}), uno o más inyectores (8', 8'', 8''', 8^{iv}) dentro de dicho circuito hidráulico,
- 15 **caracterizado por que** dichos uno o más inyectores (8', 8'', 8''', 8^{iv}) se disponen directamente dentro o en la proximidad de la estructura de las cámaras respectivas (6', 6'', 6''', 6^{iv}) de los accionadores hidráulicos (2', 2'', 2''', 2^{iv}) para accionar una amortiguación activa de las vibraciones de los rodillos de trabajo (1, 1'), estando dichos inyectores adaptados para inyectar aceite presurizado en una cámara respectiva (6', 6'', 6''', 6^{iv}) de los accionadores hidráulicos (2', 2'', 2''', 2^{iv}) bajo el control de una unidad de control electrónico (5).
- 20 **2.** Un sistema de amortiguación activa de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho circuito hidráulico comprende una línea de accionamiento (11) adaptada para extraer aceite de una primera estación hidráulica para alimentar dichos accionadores hidráulicos (2', 2'', 2''', 2^{iv}), y una ramificación altamente presurizada (12), que tiene una presión de aceite mayor que la presión operativa a lo largo de la línea de accionamiento (11), adaptada para extraer aceite de una segunda estación hidráulica, y en el que dichos inyectores (8', 8'', 8''', 8^{iv}) están adaptados para poner en comunicación las cámaras respectivas (6', 6'', 6''', 6^{iv}) de los accionadores hidráulicos (2', 2'', 2''', 2^{iv}) con dicha ramificación altamente presurizada (12).
- 25 **3.** Un sistema de amortiguación activa de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que uno o más inyectores (8', 8'', 8''', 8^{iv}) son del tipo piezoeléctrico.
- 30 **4.** Un sistema de amortiguación activa de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el orificio de inyección (65, 75, 85) de los inyectores está en comunicación directa con una cámara respectiva (6', 6'', 6''', 6^{iv}).
- 35 **5.** Un sistema de amortiguación activa de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el orificio de inyección (65, 75, 85) de los inyectores está en comunicación directa con un primer lado de un manguito de conexión (50), colocado en la proximidad de una cámara de flexión respectiva, y conectado a la misma por medio de una extensión de conducto (51).
- 40 **6.** Un sistema de amortiguación activa de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la extensión de conducto (51) conecta un segundo lado del manguito de conexión (50) a la cámara de flexión, mientras que la línea de accionamiento (11) está conectada a dicha extensión de conducto (51) por medio de un tercer lado del manguito de conexión (50).
- 45 **7.** Un kit con un sistema de amortiguación activa de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores para amortiguar activamente las vibraciones que se producen en un tren de laminación.
- 8.** Un tren de laminación que comprende al menos un bastidor de laminación de banda, una pluralidad de accionadores hidráulicos (2', 2'', 2''', 2^{iv}) que actúan sobre el calzo (20) de los rodillos de trabajo (1, 1') de dicho bastidor de laminación, y un sistema de amortiguación activa de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4.

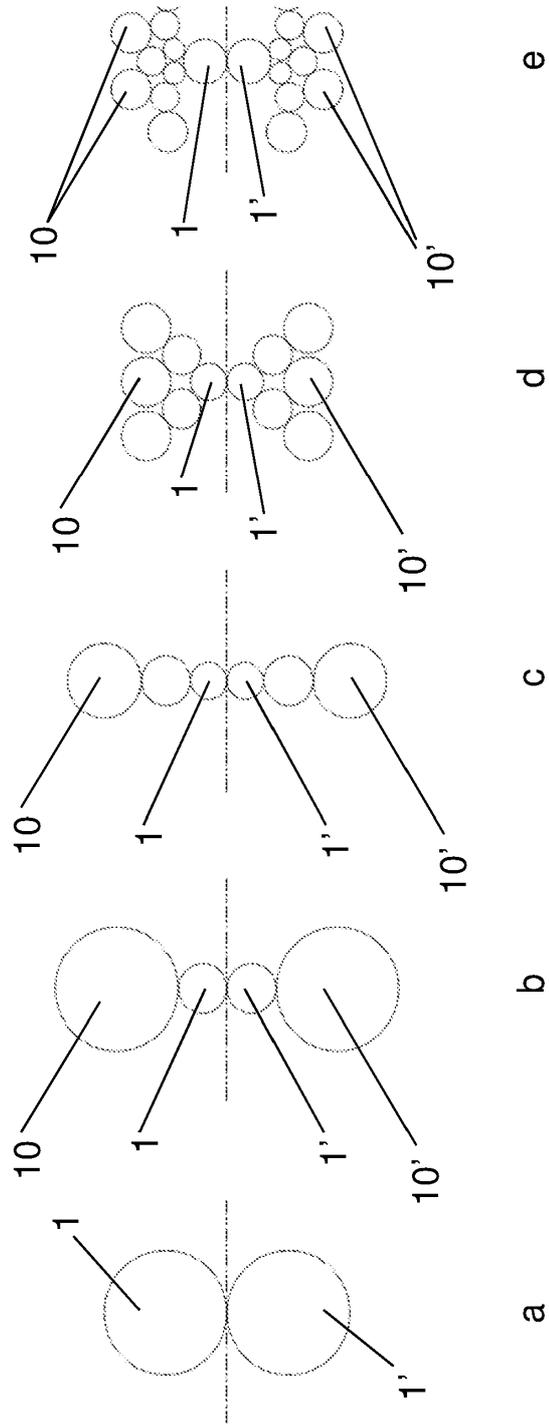


Fig. 1

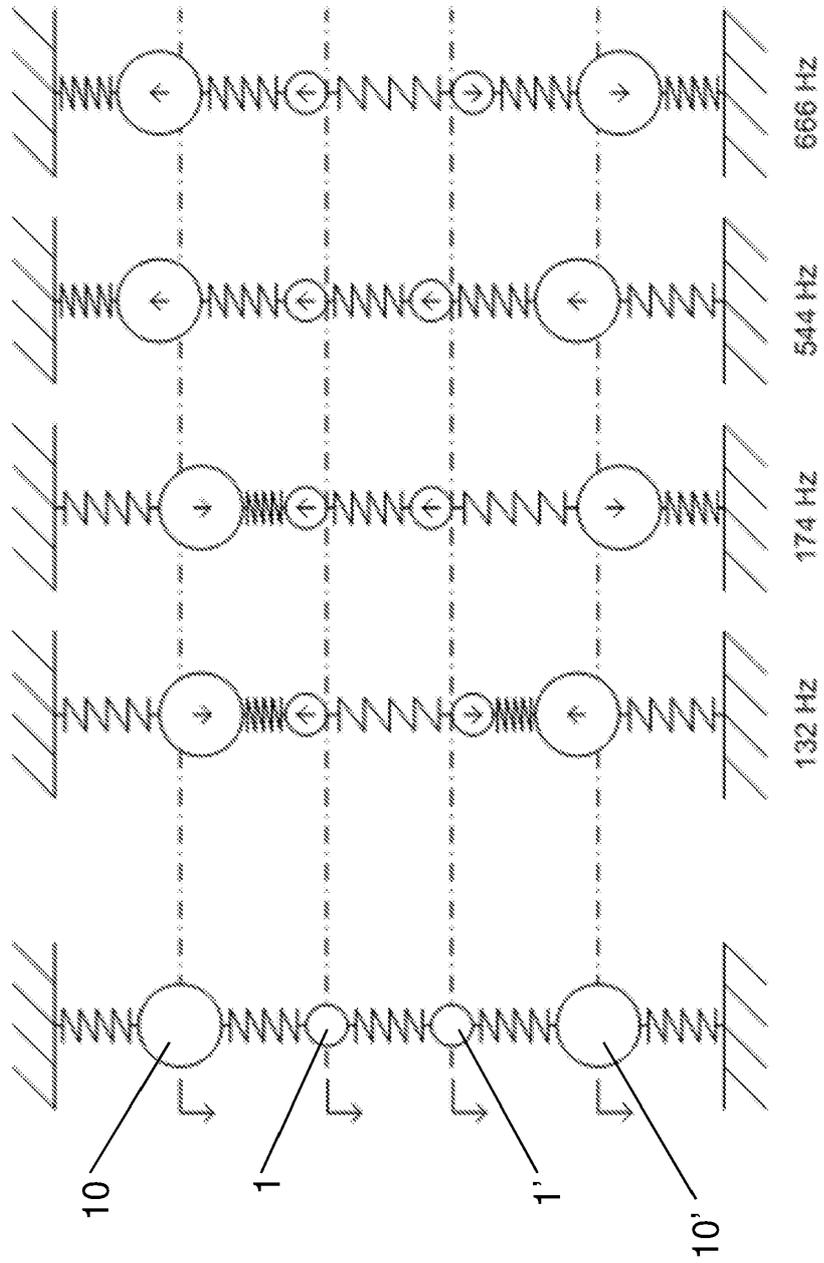


Fig. 2

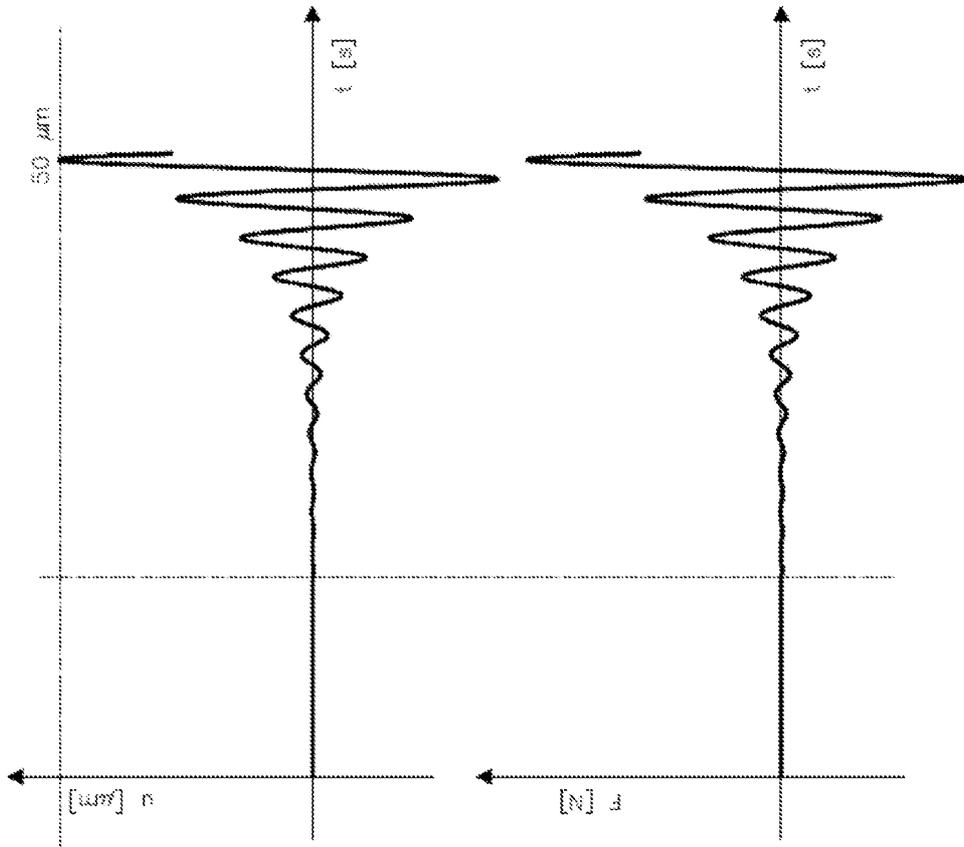
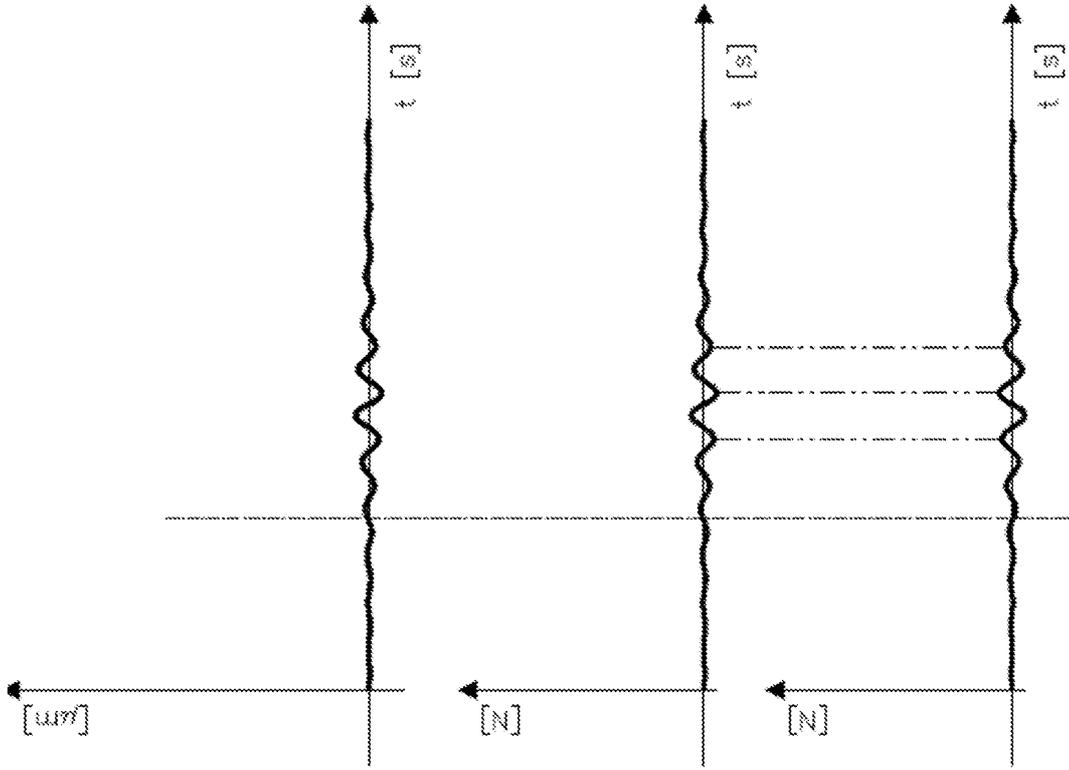


Fig. 3

Fig. 4



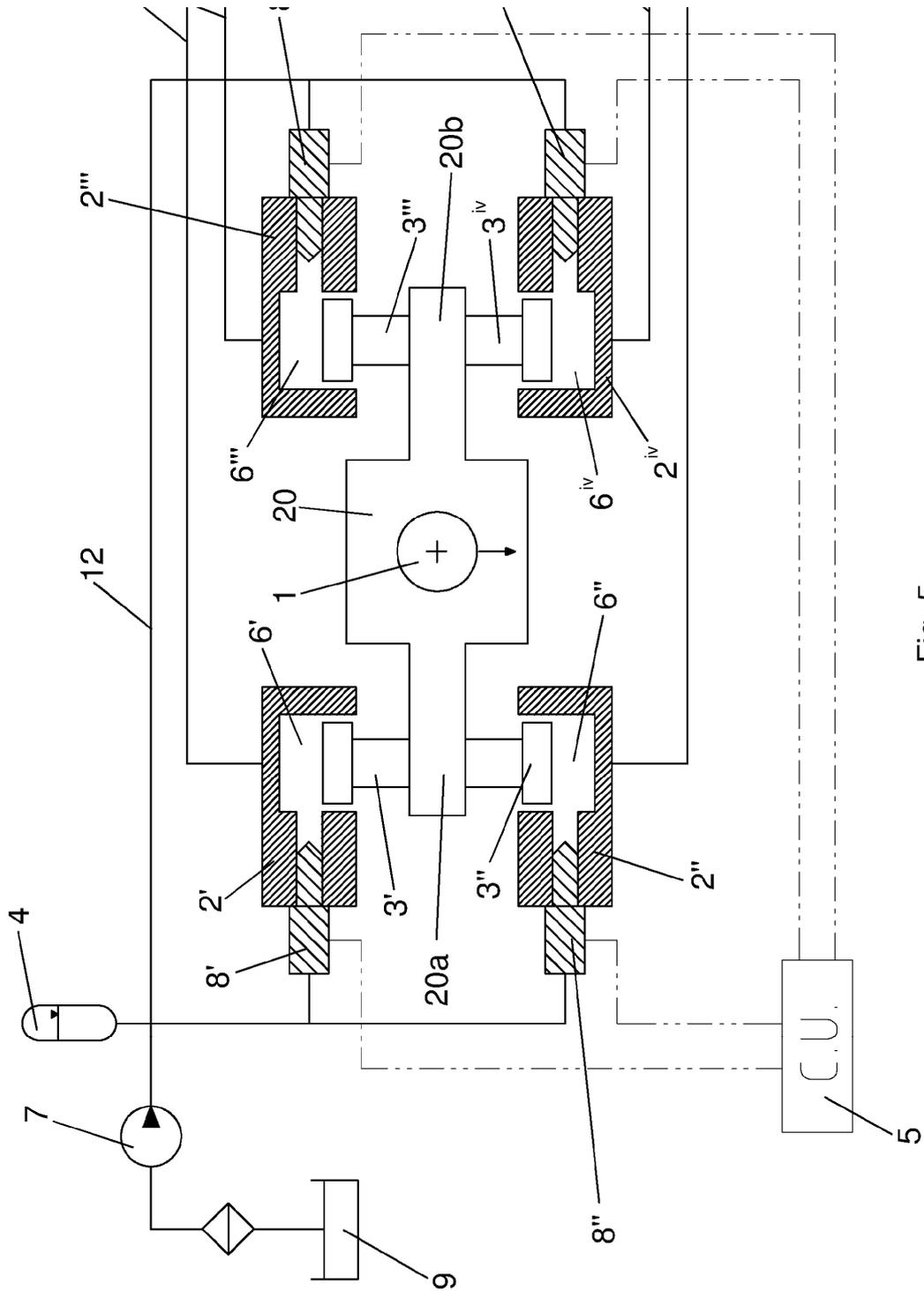


Fig. 5

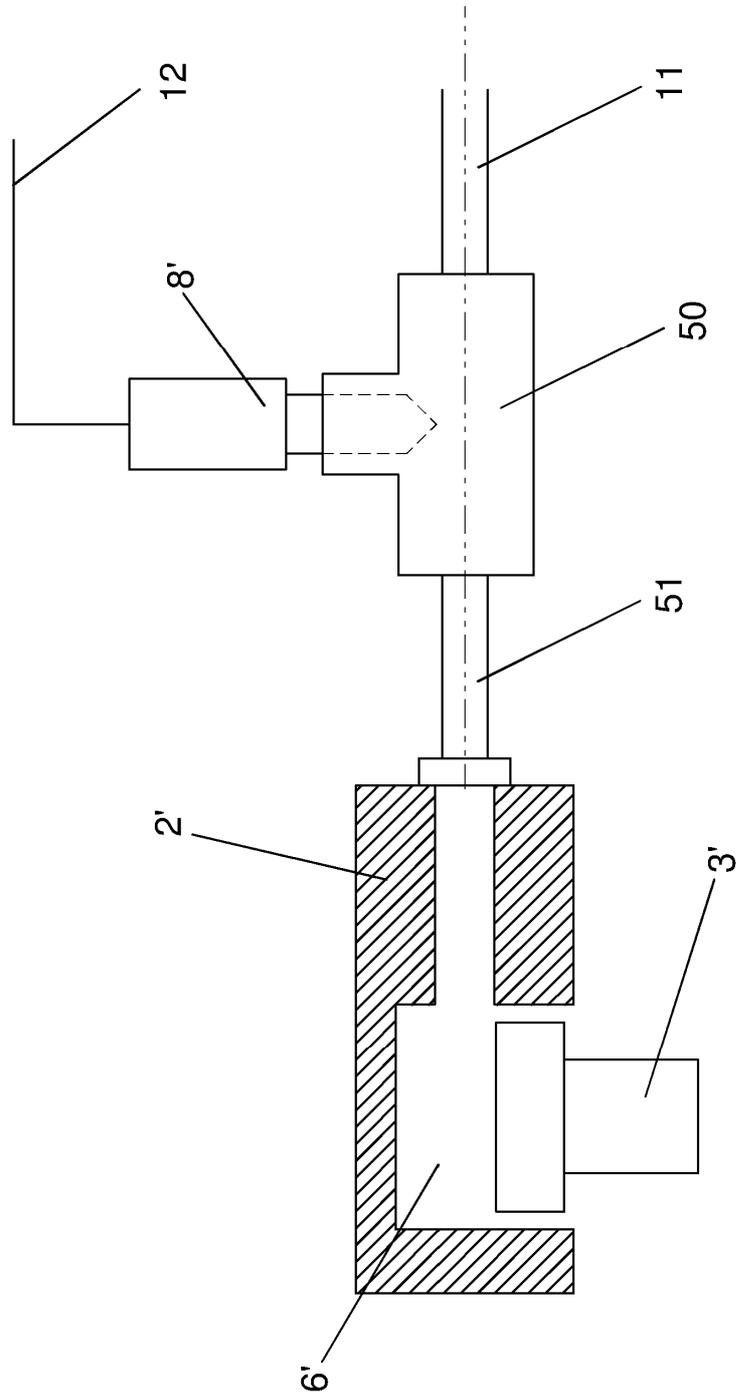


Fig. 5a

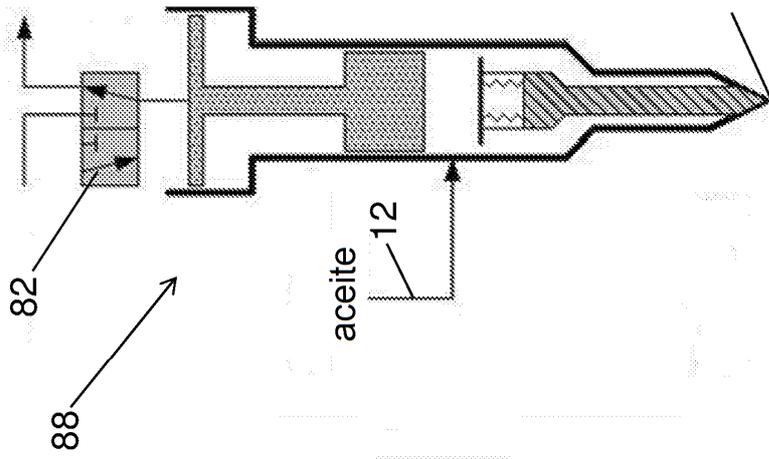


Fig. 6

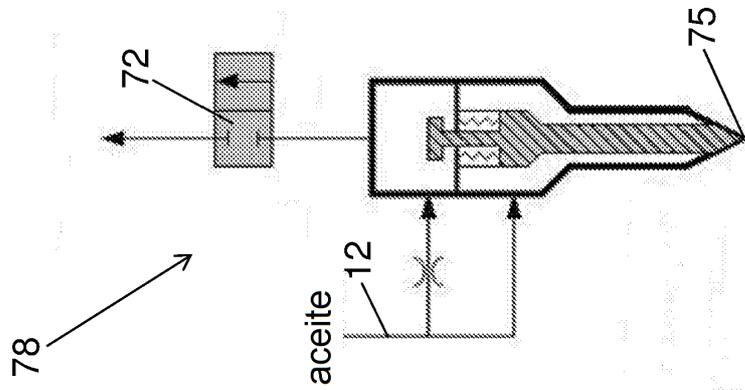


Fig. 7

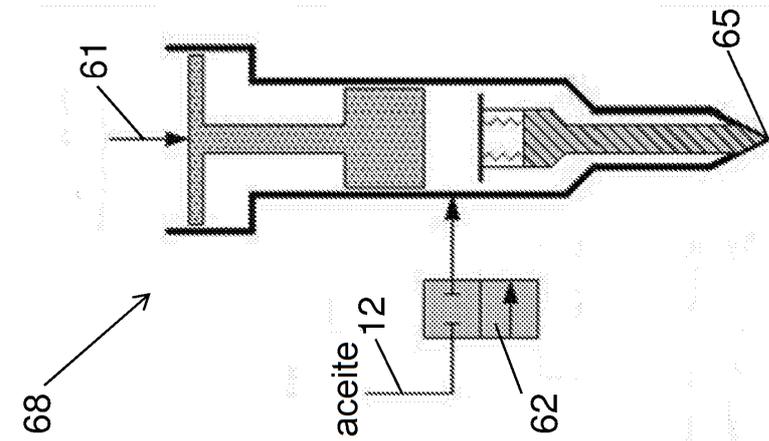


Fig. 8