

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 448**

51 Int. Cl.:  
**B25D 11/12** (2006.01)  
**B25D 17/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09100088 .5**  
96 Fecha de presentación: **30.01.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2213422**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.08.2010**

54 Título: **MECANISMO DE IMPACTO NEUMÁTICO.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**19.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**19.01.2012**

73 Titular/es:  
**HILTI AKTIENGESELLSCHAFT  
FELDKIRCHERSTRASSE 100, POSTFACH 333  
9494 SCHAAN, LI**

72 Inventor/es:  
**John, Alexander;  
Schulz, Reinhard y  
Pfeiffer, Eduard**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

**ES 2 372 448 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 impacto neumático

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un mecanismo de impacto neumático, en particular, a un mecanismo de impacto neumático, accionado eléctricamente, para una máquina herramienta, en particular una máquina herramienta manual, por ejemplo un martillo cincelador.

Descripción del estado de la técnica

10 Un martillo cincelador accionado eléctricamente con un mecanismo de impacto neumático se conoce, entre otros, a partir del documento EP 1 779 980 A2, cuya representación esquemática del mecanismo de impacto 501 de la figura 6 se transfiere a la figura 1.

15 En un tubo de guía 530 está dispuesto un pistón volante 569 entre un pistón de excitación 520 y una pieza extrema de una herramienta 599. El pistón volante 569 y el pistón de excitación 520 terminan de manera hermética al aire con una pared del tubo de guía, de manera que se configura un espacio 580 cerrado de forma hermética al aire entre el pistón volante 569 y el pistón de excitación 520. El espacio 580 se llama a continuación espacio neumático 580.

El pistón de excitación 520 se mueve, accionado por un accionamiento de excéntrica 522, 523, 531, periódicamente en vaivén en el tubo de guía 530. El pistón volante 569 es excitado en virtud de su acoplamiento en el pistón de excitación 520 por medio del espacio neumático de la misma manera en un movimiento periódico entre el pistón de excitación 520 y la pieza extrema de la herramienta 599.

20 La figura 2 muestra de forma esquemática el desarrollo del movimiento del pistón de excitación 520 y del pistón volante 580 sobre el tiempo t; el desarrollo se representa, entre otros, también en la figuras 13A del documento EP 1 779 980 A2. El eje local x indica la distancia con respecto a la pieza extrema de la herramienta 599. Cuando el pistón de excitación 520 se mueve con su velocidad máxima en dirección a la herramienta 599 (hacia valores-x pequeños), se aproximan el pistón de excitación 520 y el pistón volante 569. El espacio neumático 569 se comprime en este caso fuertemente y, como consecuencia de ello, acelera el pistón volante 569 en dirección a la herramienta 599. El pistón volante 569 impacta a continuación sin amortiguar sobre la pieza extrema de la herramienta 599. Una parte de la energía cinética del pistón volante 569 se transmite en este caso sobre la herramienta. Como en el caso de un impacto parcialmente elástico con una contra parte de impacto pesada, el pistón volante 569, el pistón volante 569 invierte su dirección de movimiento y se mueve con velocidad reducida en dirección al pistón de excitación 520. La carrera H del pistón de excitación 520, la velocidad del pistón de excitación 520 y la longitud máxima 'a' del espacio neumático 580 están adaptadas entre sí de tal forma que el movimiento del pistón volante 569, como se representa, es excitado de forma resonante a través del pistón de excitación 520.

35 Existe la necesidad de elevar adicionalmente la acción de impacto del martillo cincelador sin elevar en este caso un consumo de potencia del martillo cincelador. La acción de impacto del martillo cincelador resulta esencialmente a partir de la energía cedida durante un impacto en una pieza de trabajo. El consumo de potencia resulta a partir del producto de la energía cedida por impacto y de la frecuencia de impacto de los impactos. Por consiguiente, debe reducirse la frecuencia de impacto de los impactos.

40 La energía cedida por impacto depende de la energía cinética, que el pistón volante 569 absorbe hasta el impacto. El trabajo de aceleración es producido por el pistón de excitación 520, que se incrementa a medida que aumenta la velocidad del pistón de excitación 520 en el tubo de guía 530. La velocidad del pistón de excitación 520 está predeterminada por la velocidad angular y por la carrera H del pistón de excitación 520. En efecto, una elevación de la velocidad angular en virtud de la frecuencia de impacto que se incrementa de esta manera no es adecuada, pero se puede elevar la carrera H del pistón de excitación 520. Esto requiere, sin embargo, una longitud máxima mayor 'a' del espacio neumático 580 y, por lo tanto, un mecanismo de impacto más largo, para garantizar una excitación resonante del pistón volante 569.

Pero para que el martillo cincelador pueda ser agarrado de forma ergonómica por un usuario, las dimensiones del martillo cincelador y, por lo tanto, también del mecanismo de impacto están limitadas.

50 La energía cinética del pistón volante 569 se puede conseguir también a través de una elevación de su masa, pero un usuario experimenta un retroceso más elevado durante la aceleración del pistón volante 569 a través del pistón de excitación 520.

Publicación de la invención

Un cometido consiste en preparar una máquina herramienta de impacto, que posibilita un efecto de impacto

mejorado, teniendo en cuenta los puntos de vista ergonómicos.

El mecanismo de impacto neumático presenta un pistón volante, que es móvil a lo largo de un eje de impacto; una superficie de impacto, que limita un movimiento del pistón volante a lo largo del eje de impacto en una dirección de impacto; un pistón de excitación, que limita un movimiento del pistón volante a lo largo del eje de impacto en contra de la dirección de impacto; un espacio neumático entre el pistón volante y el pistón de excitación, un accionamiento para el movimiento periódico del pistón de excitación con una carrera H a lo largo del eje de impacto, con lo que el pistón volante es excitado para un movimiento periódico entre la superficie de impacto y una aproximación mínima al pistón de excitación. En este caso, la masa  $m_2$  del pistón volante, un área de la sección transversal A del espacio neumático, la longitud máxima L del espacio neumático, la carrera H del pistón de excitación y un coeficiente de restitución q cumplen la siguiente inecuación, cuando el mecanismo de impacto presenta en el funcionamiento de impacto una frecuencia de impacto f:

$$\frac{L^{\kappa}}{2(L-H)^{\kappa}} \cdot \frac{\kappa}{L-H} + \left( \frac{L^{\kappa}}{2(L-H)^{\kappa}} - 1 \right) \cdot \frac{1-q}{q} \frac{N}{2\pi H} \geq \frac{m_2}{A \cdot p_0} \cdot N^2 f^2,$$

en la que el parámetro N es al menos 4,  $p_0$  designa la presión ambiental y k designa el coeficiente de isentropía del gas en el espacio neumático.

La longitud máxima del espacio neumático es la distancia entre el pistón de excitación y el pistón volante, cuando el pistón de excitación está dispuesto en su posición más alejada del soporte de la herramienta y el pistón volante está dispuesto adyacente a la superficie de tope. La longitud máxima sirve como variable para el diseño y caracterización del mecanismo de impacto. Durante el funcionamiento, el espacio neumático no adopta, en general, en ningún instante la longitud máxima.

El coeficiente de restitución q designa la relación de las velocidades del pistón volante desde atrás hacia delante del pistón. El coeficiente de restitución está determinado esencialmente sólo por las masas y forma del pistón volante y del cuerpo de impacto.

Una revolución del pistón volante en el mecanismo de impacto se compone de una primera fase con un movimiento de la aproximación mínima al pistón de excitación para el impacto y de una segunda fase con un movimiento desde la posición de impacto hacia la siguiente aproximación mínima al pistón de excitación. La primera fase y la segunda fase se terminan conjuntamente dentro de un periodo de tiempo, que está predeterminado por la duración periódica del movimiento del pistón de excitación. En virtud del frenado del pistón volante hasta la parada de corta duración, se eleva la duración de la segunda fase a corta de la duración de la primera fase. El pistón volante salva la distancia entre la aproximación mínima y el impacto en menos tiempo, por lo tanto, como se desea, con una velocidad más elevada.

El frenado del pistón volante durante la segunda fase se realiza cuando las dimensiones de la carrera y de la longitud máxima del espacio neumático están seleccionadas de forma adecuada. Al comienzo de la segunda fase se comprime el espacio neumático, puesto que el pistón de excitación se mueve después del impacto todavía en la dirección del impacto o el pistón volante se mueve al principio con una velocidad mayor en contra de la dirección de impacto que el pistón de excitación. En este caso, resulta una subida de la presión en el espacio neumático, que frena el pistón volante. La subida de la presión es tanto mayor cuando menor es el volumen del espacio neumático o cuanto mayor es el movimiento de carrera todavía remanente del pistón de excitación en dirección de la superficie de impacto.

Apoyado por mecanismos de impacto y simulaciones numéricas realizadas se ha reconocido que con parámetros típicos con respecto a la masa del pistón volante, de un diámetro del espacio neumático y de una frecuencia de impacto en el funcionamiento con la relación 1,55 mencionada, se consigue una elevación de la energía de impacto en virtud de un movimiento lento del pistón volante en la segunda fase.

En las reivindicaciones dependientes se describen configuraciones del mecanismo de impacto.

Una configuración prevé que la carrera sea seleccionada en función de la longitud máxima del espacio neumático, de tal manera que el pistón volante modifica al menos una vez la dirección del movimiento durante el movimiento entre la superficie de impacto y una aproximación mínima siguiente al pistón de excitación. A tal fin puede ser ventajosa una relación inferior a 1,50. Una modificación de la dirección del movimiento durante la segunda fase conduce a un trayecto más largo que recorre el pistón volante durante una revolución. La velocidad del pistón volante durante la primera fase es más alta, también teniendo en cuenta la condición marginal el periodo de tiempo predeterminado para una revolución.

Una configuración prevé que la carrera sea seleccionada en función de la longitud máxima del espacio neumático,

- de tal manera que el pistón volante contacta al menos dos veces con la superficie de impacto entre dos aproximaciones mínimas sucesivas al pistón de excitación. A tal fin, puede ser ventajosa una relación inferior a 1,40. La inversión de la dirección del movimiento a través del segundo impacto conduce a una velocidad alta del pistón volante al final de la segunda fase. El pistón volante se puede aproximar, por lo tanto, mucho y en virtud de l espacio neumático experimenta a continuación una aceleración más elevada en dirección a la superficie de impacto.
- 5 Una configuración prevé que cuando la masa del pistón volante es mayor que 400 g, la relación de longitudes se seleccione menor que 1,55 y cuando la masa del pistón volante es menor que 400 g, la relación de longitudes se seleccione menor que 1,40.
- 10 Una configuración prevé que cuando una relación de la masa del juego remachador con respecto a la masa del pistón volante sea menor que 1,2, la relación de longitudes se seleccione menor que 1,40.
- Breve descripción de las figuras
- La descripción siguiente explica la invención con la ayuda de formas de realización y figuras ejemplares.
- En las figuras:
- La figura 1 muestra una sección a través de un mecanismo de impacto conocido.
- 15 La figura 2 muestra una trayectoria de vuelo de un pistón volante en el mecanismo de impacto conocido.
- La figura 3 muestra una sección de una forma de realización de una máquina herramienta manual de impacto.
- La figura 4 muestra una sección de una forma de realización de un mecanismo de impacto.
- La figura 5 muestra una trayectoria de vuelo de un pistón volante con parámetros conocidos del mecanismo de impacto.
- 20 La figura 6 muestra una trayectoria de vuelo del pistón volante de una forma de realización del mecanismo de impacto.
- Las figuras 7 a 9 muestran máquinas herramientas manuales con mecanismos de impacto.
- Los elementos iguales o funcionalmente iguales son designados por los mismos signos de referencia en las figuras, si no se indica otra cosa.
- 25 Formas de realización de la invención
- La figura 3 muestra de forma esquemática como ejemplo de una maquina herramienta manual de impacto un martillo cincelador electro neumático 1, otros ejemplos no representados son, entre otros, martillos perforadores, martillos combinados.
- 30 En una carcasa de máquina 2 esta dispuesta una sección de accionamiento con un accionamiento primario 3, un árbol de accionamiento 4 y un mecanismo de impacto 5. Entre el accionamiento primario 3 y el árbol de accionamiento 4 puede estar conectado un engranaje 7. El accionamiento primario 3 es con preferencia un motor eléctrico, por ejemplo un motor universal o un motor sin escobillas. El árbol de accionamiento 4 es girado con números de revoluciones en el intervalo entre 1 Hz y 100 Hz, por ejemplo con 10 Hz a 60 Hz. El movimiento giratorio del árbol de accionamiento 4 se transmite a través del mecanismo de impacto 5 a un movimiento de impacto
- 35 periódico a lo largo de un eje de impacto 8. Una herramienta retenida en un porta-herramientas 9 es accionada a través de los impactos periódico a lo largo del eje de impacto 8 en la dirección de impacto 99 desde el martillo cincelador 1. Una recuperación de la herramienta al martillo cincelador 1 en contra de la dirección de impacto 99 se realiza a través de presión del martillo cincelador 1 en una pieza de trabajo.
- 40 La figura 4 muestra una estructura ejemplar del mecanismo de impacto 5. El mecanismo de impacto 5 presenta un pistón de excitación 12 y un pistón volante 13, que son móviles a lo largo del eje de impacto 8. En la forma de realización representada, el pistón de excitación 12 y el pistón volante están guiados a través de una pared 11 de un tubo de guía 10.
- 45 En un extremo del lado de la herramienta del tubo de guía 10 está alojado un juego remachador 20 en una guía de juego remachador 21. Un extremo 22 dirigido hacia la herramienta está en contacto con una herramienta 8, que es retenida en el porta-herramientas 9. Un extremo 23 alejado de la herramienta del juego remachador 20 penetra desde la guía 21 del juego remachador en un espacio interior del tubo de guía 10. En la operación de impacto, el juego remachador 20 se apoya en un extremo 24 alejado de la herramienta de la guía 21 del juego remachador. En esta posición, el extremo 23 alejado de la herramienta del juego remachador 20 define la posición de la superficie de impacto 27 del mecanismo de impacto 5.

El juego remachador 20 puede estar previsto, como se indica, como mediador entre el pistón volante 13 y una herramienta 8 en el mecanismo de percusión 5. Esto posibilita un diseño del mecanismo de percusión 5, que es independiente de una masa de la herramienta 8 empleada. El juego remachador 20 se puede seleccionar a tal fin claramente más pesado que la masa típica de la herramienta 8.

- 5 En otra configuración, no está previsto ningún juego remachador 20. El pistón volante 13 impacta directamente sobre una superficie extrema de la herramienta 8. Una superficie extrema forma en este caso la superficie de impacto 27. La herramienta 8 está insertada en el porta-herramientas 9 en la medida posible en dirección al mecanismo de impacto 5. En esta posición, la herramienta 8 define la superficie de impacto.

- 10 El pistón de excitación 12 es forzado a través del árbol de accionamiento 4 a un movimiento periódico a lo largo del eje de impacto 14. El árbol de accionamiento 4 es girado alrededor de su eje de giro 30 y mueve en este caso un linguete de tambaleo 31 dispuesto excéntricamente con respecto al eje de giro 30. El linguete de tambaleo 31 está conectado a través de un varillaje 32 con el pistón de excitación 12. Una carrera H del pistón de excitación 12 se define como la distancia entre las dos posiciones, en la que el pistón de excitación 12 está más próximo o bien las alejado de la superficie de impacto 27. La carrera H del pistón de excitación 12 está predeterminada por la distancia 15 33 del linguete de tambaleo 31 desde el eje de giro 30 y corresponde aproximadamente al doble del radio del mango 33 del linguete de tambaleo 31. El movimiento del pistón de excitación 12 es periódico y de acuerdo con la configuración del accionamiento excéntrico 4, el movimiento es de forma sinusoidal o en buena aproximación de forma sinusoidal.

- 20 El pistón de excitación 12 y el pistón volante 13 delimitan un espacio cerrado hermético al aire que se encuentra entre ellos, el espacio neumático 19. Un área de la sección transversal A del espacio neumático 19 corresponde aproximadamente a un área de la sección transversal del pistón volante 13 y del pistón de excitación 12. Se puede conseguir un cierre hermético al aire, por ejemplo, a través de anillos de obturación 15, 16. El espacio neumático 19 tiene una longitud máxima L, cuando el pistón de excitación 12 está a distancia máxima de la superficie de impacto 27 y el pistón volante 13 está adyacente a la superficie de impacto 27.

- 25 Un modelo sencillo de la trayectoria de vuelo del pistón volante 13 se explica a continuación con la ayuda de un mecanismo de impacto convencional y de un mecanismo de impacto 5 de acuerdo con una forma de realización. El modelo sirve para encontrar parámetros del mecanismo de impacto 5, en los que el pistón volante 13 se frena entre un impacto sobre la superficie de impacto 27 y una distancia mínima siguiente con respecto al pistón de excitación 12 al menos hasta la parada o incluso modifica su dirección de movimiento.

- 30 La figura 5 muestra a tal fin una trayectoria de vuelo 100 del pistón volante 13 para un mecanismo de impacto largo convencional, registrada sobre el tiempo t. La trayectoria de vuelo 100 se calcula por medio de una simulación ad-inicio (desde el principio). Los parámetros del mecanismo de impacto son: frecuencia de impacto  $f = 14,5$  Hz; masa del juego remachador  $m_1 = 2,119$  kg; masa del pistón volante  $m_2 = 1,248$  kg; carrera  $H = 0,094$  m; longitud máxima del espacio neumático  $L = 0,204$  m; área de la sección transversal del espacio neumático  $A = 0,0034$  m<sup>2</sup>; coeficiente de restitución  $q = 0,25$ . De la misma manera se representa la curva de la trayectoria 101 del pistón de excitación 12. 35 La figura 6 muestra una trayectoria de vuelo 200 del pistón volante 13 para un mecanismo de impacto corto 5 de acuerdo con una forma de realización. El único parámetro modificado con respecto a la figura 5 es la longitud máxima L del espacio neumático  $L = 0,139$  m.

- 40 La trayectoria de vuelo 100 del mecanismo de impacto largo se puede dividir en dos fases 102, 103, delimitadas por puntos de inversión 104, 105 de la trayectoria de vuelo 100. El primer punto de inversión 104 resulta a la distancia mínima del pistón volante 13 en el pistón de excitación 12. El segundo punto de inversión 105 resulta a través del impacto del pistón volante 13 sobre la superficie de impacto 27.

- 45 La trayectoria de vuelo del primer punto de inversión 104 se puede describir a través de un impacto del pistón de vuelo 13 en el pistón de excitación 12 móvil. La masa efectiva del pistón de excitación 12 se supone indefinida, porque el pistón de excitación 12 está acoplado rígidamente en el accionamiento. Típicamente para una excitación resonante, el primer punto de inversión 104 coincide con la velocidad máxima del pistón de excitación 12. La velocidad  $v_1$  del pistón volante 13 después del primer punto de inversión 104 es, por lo tanto, de manera aproximada  $v_1 = 2\pi \cdot H \cdot f + v_3$ ; en la que  $v_2$  designa la velocidad antes del primer punto de inversión 104.

- 50 Durante el impacto del pistón volante 13 con el juego remachador 20 o bien con la herramienta, el importe de la velocidad  $v_2$  del pistón volante 13 después del impacto es menor que la velocidad  $v_1$  antes del impacto, puesto que una parte de la energía cinética del pistón volante 12 es transmitida al juego remachador 20. La relación (coeficiente de restitución q) de las velocidades  $v_2 / v_1$  se predetermina a través de la masa  $m_2$  del pistón volante 13, la masa  $m_1$  del juego remachador 20 y un factor de forma e de las partes implicadas en el impacto:

$$k = e \cdot \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1}.$$

5 El factor de forma  $e$  presenta valores de 0 a 1; para partes implicadas en el impacto compactas cortas en la proximidad de 1 y para una parte implicada en el impacto constituida alargado en la proximidad de 0. Valores ejemplares para el coeficiente de impacto  $k$  están en el intervalo de 0,05 a 0,35. A modo de ejemplo, el coeficiente de restitución ( $q$ ) se puede seleccionar en 0,22, cuando una relación  $m_1/m_2$  de la masa ( $m_1$ ) del juego remachador con respecto a la masa ( $m_2$ ) del pistón volante (13) es mayor que 1,2 y, por otra parte, el coeficiente de restitución ( $q$ ) se selecciona en 0,12.

10 Durante la primera fase 102 y durante la segunda fase 103 se modifica el volumen  $V$  del espacio neumático 19. Como consecuencia, se modifica también la presión  $p$  dentro del espacio neumático 19. Resulta una fuerza sobre el pistón volante 13 en virtud de la diferencia de presión del entorno (aproximadamente 1 bar) y la presión  $p$  dentro del espacio neumático 19. El pistón volante 13 experimenta, por lo tanto, también entre los dos puntos de inversión 104, 105 una aceleración que eleva o reduce su velocidad  $v_1, v_2$ .

15 La presión  $p$  se puede estimar a través de una aproximación adiabática, en la que  $(p \cdot V)^k$  es constante, en la que  $k$  ( $\kappa$ ) designa el exponente iséntropo (aproximadamente 1,4 para aire en el intervalo de presión predominante de 0,5 bares a 10 bares) y  $V$  designa el volumen del espacio neumático 19. Se supone que un volumen neutro  $V_0$ , en el que la presión  $p$  en el espacio neumático 10 corresponde aproximadamente a la presión normal  $p_0$  del medio ambiente (aproximadamente 1 bar), corresponde a la mitad de la longitud máxima del espacio neumático 19, es decir, cuando la distancia  $x$  del pistón volante 13 con respecto al pistón de excitación 12 es  $x = L/2$ .

20 En el caso del mecanismo de impacto largo, el volumen del espacio neumático 2 se modifica en la primera y en la segunda fase 102, 103 sólo en una medida insignificante comparado con el volumen neutro  $V_0$ . Esto está condicionado, en parte, por la carrera  $H$  reducida, comparada con la longitud máxima  $L$ . De manera correspondiente, resultan también sólo desviaciones mínimas con respecto a la presión del medio ambiente  $p_0$  y fuerzas mínimas sobre el pistón volante 13. La influencia del espacio neumático 19 sobre el movimiento del pistón volante 13 en el mecanismo de impacto largo es insignificante. La velocidad  $v_1$  permanece aproximadamente constante durante la primera fase 102 y la velocidad  $v_2$  permanece aproximadamente constante durante la segunda fase 103.

25 De manera aproximada, se supone que el pistón volante 13 y el pistón de excitación 12 se contactan en el primer punto de inversión 14, a la distancia  $x = L-1/2H$  de la superficie de impacto 27. Bajo la condición marginal de que dentro de un periodo, es decir, el periodo de tiempo  $f^1$ , el trayecto  $L-1/2 H$  es recorrido por el pistón de vuelo 13 una vez con la primera velocidad  $v_1$  y una vez con la segunda velocidad  $v_2$ , resulta para la primera velocidad:

$$v_1 = \frac{2\pi \cdot f \cdot H}{1 - q}.$$

30 En el caso del mecanismo de impacto corto 5, la trayectoria de vuelo 200 presenta de la misma manera los dos puntos de inversión 204, 205, que resultan a través de una aproximación mínima al pistón de excitación 13 y un impacto siguiente sobre la superficie de impacto 27.

35 Durante la primera fase 202, el pistón volante 13 se mueve desde el primer punto de inversión 204 hasta el segundo punto de inversión 205, de manera similar a un mecanismo de impacto largo. La velocidad  $v_1$  es aproximadamente constante y es aproximadamente  $v_1 = 2\pi \cdot H \cdot f + v_3$ ; en la que  $v_3$  es la velocidad poco antes del primer punto de inversión 204. Para una estimación de la velocidad  $v_3 = 2f \cdot (a - 1/2H)$  se puede suponer que el movimiento desde la superficie de impacto 27 hasta el primer punto de inversión 203 se realiza aproximadamente durante un semiperiodo ( $1/2 f^1$ ).

40 La segunda fase 203 del mecanismo de impacto corto 5 se diferencia de la segunda fase 103 del mecanismo de impacto largo. La velocidad del pistón volante 13 se frena a cero, en el ejemplo representado, incluso se invierte el movimiento del pistón volante 13. La fuerza de impulsión para el frenado resulta a través del acoplamiento fuerte del pistón volante 13 en el pistón de excitación 12 por medio del espacio neumático 19.

45 A continuación se estiman parámetros del mecanismo de impacto 5, en los que la velocidad  $v_2$  del pistón 13 se frena al menos a cero después del segundo punto de inversión 205.

La fuerza de frenado resulta a través de la sobrepresión  $(p - p_0)$  del espacio neumático 19 frente al medio ambiente, que actúa sobre el área de la sección transversal  $A$  del espacio neumático 19. En virtud del movimiento del pistón volante 13 en dirección al pistón de excitación 12 se reduce, además,, el volumen  $V$  del espacio neumático 19 y de

manera correspondiente se eleva la sobrepresión ( $p - p_0$ ). La modificación de la presión se puede determinar sobre la base de la aproximación adiabática  $p \cdot V^{\kappa} = p_0 \cdot V_0^{\kappa}$ .

- 5 El frenado se realiza típicamente lo más tarde dentro de un cuarto de un periodo ( $T = \frac{1}{4} f^{-1}$ ) después del segundo punto de inversión 105. Durante este periodo de tiempo T, el pistón de excitación 12 se mueve lentamente. Una modificación de la presión p en el espacio neumático 19 se domina durante el periodo de tiempo T a través del movimiento del pistón volante 13. Después del periodo de tiempo T, el pistón de excitación 12 alcanza una velocidad, que es claramente mayor que la velocidad  $v_2$  del pistón volante 13. La distancia relativa se incrementa rápidamente y pronto es mayor que  $\frac{1}{2} L$ , por lo que el pistón volante 13 se acelera en dirección al pistón de excitación 12.
- 10 Durante el periodo de tiempo T, se supone la posición  $x_1$  del pistón de excitación 12 como aproximadamente constante igual a la distancia mínima posible con respecto a la superficie de impacto 27 ( $x_1 = L - H$ ). El volumen del espacio neumático V durante el periodo de tiempo T da como resultado:  $V = A(L-H-v_2 \cdot t)$ , en la que la velocidad  $v_2$  se supone como constante para el cálculo del volumen V.
- 15 El pistón volante 13 se para cuando la integral de la fuerza a frenar sobre el periodo de tiempo T corresponde al impulso del pistón volante 13, es decir,  $v_2 \cdot m_2$ , después del segundo punto de inversión 204.

$$v_2 \cdot m_2 < \int_0^T A \cdot p_0 \cdot \left[ \left( \frac{V_0}{V} \right)^{\kappa} - 1 \right] dt.$$

Introduciendo las relaciones descritas anteriormente y un desarrollo de series después del tiempo hasta el primer orden resulta con  $T = (Nf)^{-1}$ :

$$\frac{L^{\kappa}}{2(L-H)^{\kappa}} \cdot \frac{\kappa}{L-H} + \left( \frac{L^{\kappa}}{2(L-H)^{\kappa}} - 1 \right) \cdot \frac{1-q}{q} \frac{N}{2\pi H} \geq \frac{m_2}{A \cdot p_0} \cdot N^2 f^2$$

- 20 A partir de la inequación resulta que una elevación del área de la sección transversal A, de la carrera H y/o una reducción de la masa  $m_2$  del pistón volante 13, de la longitud máxima L del espacio neumático 19, de la frecuencia de impacto f conducen tendencialmente a un mecanismo de impacto 5, en el que el movimiento del pistón volante 13 se frena hasta la parada.
- 25 El parámetro N es con preferencia mayor que 4, en virtud de la hipótesis descrita de que se realiza un frenado dentro de un cuarto de periodo  $T = \frac{1}{4} f^{-1}$ .
- 30 En la introducción se ha indicado que a una selección de la frecuencia de impacto f y de la masa  $m_2$  del pistón volante 13 se aplican estrechos márgenes. El área de la sección transversal A del espacio neumático 19 está estrechamente acoplado con la forma y las propiedades de impacto del pistón volante 13. No obstante, las condiciones marginales exteriores pueden permitir una selección ampliamente libre de la longitud máxima L del espacio neumático 19 y la carrera H del pistón de excitación 13.
- 35 Para mecanismos de impacto pesados 5 con un pistón volante 13 de la masa  $m_2$  mayor que 400 g, con sus parámetros, por lo demás típicos, como un coeficiente de restitución grande ( $q > 0,2$ ), es adecuada, por ejemplo, una selección de la relación de la longitud máxima L con respecto a la carrera H de:  $L/H < 1,55$ ; y para mecanismos de impacto ligeros 5 con la masa  $m_2$  inferior a 400 g es adecuada una selección de la relación de:  $L/H < 1,40$ .
- El mecanismo de impacto 5 es accionado con preferencia de forma resonante, de tal manera que el primer punto de inversión 204 y la velocidad máxima del pistón de excitación 12 coinciden, es decir, que una diferencia de los instantes respectivos es inferior al 2 % de la duración de los periodos ( $T = f^{-1}$ ).

- 40 Durante el funcionamiento resonante, apoyado en investigaciones en simulaciones y prototipos se supone que se realiza un frenado completo dentro de un periodo de tiempo  $T_0 = 3/8 f^{-1}$  después del primer punto de inversión 204. Después del periodo de tiempo  $T_0$  se eleva la velocidad del pistón de excitación al 70 % de su valor máximo, con lo que se produce una caída rápida de la sobrepresión de frenado hacia una presión negativa de aceleración.

El pistón volante 12 necesita aproximadamente un periodo de tiempo de  $1/8 f^{-1}$  a  $1/4 f^{-1}$  para su movimiento hacia la superficie de impacto 27. El frenado se puede realizar dentro de un periodo de tiempo de  $1/8 f^{-1}$  a  $1/4 f^{-1}$ , por lo que N es al menos 4, con preferencia 6 u 8. Para un funcionamiento resonante, los parámetros del mecanismo de impacto

5 se pueden determinar de acuerdo con la inecuación anterior con la N seleccionada.

En otra configuración, los parámetros del mecanismo de impacto 5 se seleccionan de tal manera que el pistón volante 13 contacta en el mecanismo de impacto 5 después del segundo punto de inversión 205 otra vez con la superficie de impacto 27 (punto 206), antes de que el pistón volante 13 vuele hasta el primer punto de inversión 204.

5 La prolongación de la trayectoria de vuelo del pistón volante 13 permite una velocidad más elevada manteniendo la frecuencia de impacto  $f$ .

Para que el pistón volante 13 retorne hasta la superficie de impacto 27, debe realizarse el frenado precozmente hasta la parada. A continuación debe predominar todavía durante un periodo de tiempo suficientemente largo una sobrepresión en el espacio neumático 19, para acelerar el pistón volante en la dirección de la superficie de impacto 27. A partir de investigaciones se ha reconocido que esto se consigue con un periodo de tiempo  $T_0$  inferior a  $\frac{2}{6} f^{-1}$ . La velocidad del pistón de excitación 12 alcanza dentro del periodo de tiempo  $T_0$  solamente el 50 % de su velocidad máxima. El mecanismo de impacto 5 se puede diseñar de acuerdo con la inecuación anterior, en a que N se selecciona mayor que 5, con preferencia mayor que 8 ó 10. El parámetro N se puede seleccionar para el doble impacto durante una revolución del pistón volante mayor que 8.

10

15 La disposición de los elementos de un mecanismo de impacto se puede realizar de múltiples maneras. Las figuras 7 a 9 muestran otras configuraciones. Las reglas indicadas anteriormente para el diseño del mecanismo de impacto de la figura 4 se pueden aplicar también a estos tipos de mecanismos de impacto.



REIVINDICACIONES

1.- Mecanismo de impacto neumático con

un pistón volante (13), que es móvil a lo largo de un eje de impacto (8);  
 una superficie de impacto (27), que limita un movimiento del pistón volante (13) a lo largo del eje de impacto (8) en una dirección de impacto (99);  
 un pistón de excitación (12), que limita un movimiento del pistón volante (13) a lo largo del eje de impacto (8) en contra de la dirección de impacto (99);  
 un espacio neumático (19) entre el pistón volante (13) y el pistón de excitación (12),  
 un accionamiento (3) para el movimiento periódico del pistón de excitación (12) con una carrera (H) a lo largo del eje de impacto, con lo que el pistón volante es excitado para un movimiento periódico entre la superficie de impacto (27) y una aproximación mínima al pistón de excitación (12),  
 caracterizado porque la masa ( $m_2$ ) del pistón volante (13), un área de la sección transversal (A) del espacio neumático, la longitud máxima (L) del espacio neumático, la carrera (H) del pistón de excitación (12) y un coeficiente de restitución (q) cumplen la siguiente inecuación, cuando el mecanismo de impacto presenta en el funcionamiento de impacto una frecuencia de impacto (f):

$$\frac{L^{\kappa}}{2(L-H)^{\kappa}} \cdot \frac{\kappa}{L-H} + \left( \frac{L^{\kappa}}{2(L-H)^{\kappa}} - 1 \right) \cdot \frac{1-q}{q} \cdot \frac{N}{2\pi H} \geq \frac{m_2}{A \cdot p_0} \cdot N^2 f^2,$$

en la que el parámetro N es al menos 4,  $p_0$  designa la presión ambiental y k designa el coeficiente de isentropía del gas en el espacio neumático (19).

2.- Mecanismo de impacto neumático de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque se selecciona una relación de la longitud máxima (L) con respecto a la carrera (H) menor que 1,55.

3.- Mecanismo de impacto neumático de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque cuando la masa ( $m_2$ ) del pistón volante (13) es mayor que 400 g, la relación de longitudes se selecciona menor que 1,55 y cuando la masa ( $m_2$ ) del pistón volante (13) es menor que 400, la relación de longitudes se selecciona menor que 1,40.

4.- Mecanismo de impacto neumático de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque cuando una relación  $m_1/m_2$  de la masa ( $m_1$ ) del juego remachador con respecto a la masa ( $m_2$ ) del pistón volante (13) es menor que 1,2, la relación de longitudes se selecciona menor que 1,40.

5.- Mecanismo de impacto neumático de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el coeficiente de restitución (q) se selecciona en 0,22, cuando una relación  $m_1/m_2$  de la masa ( $m_1$ ) del juego remachador con respecto a la masa ( $m_2$ ) del pistón volante (13) es mayor que 1,2, y en otro caso se selecciona el coeficiente de restitución (q) en 0,12.

6.- Mecanismo de impacto neumático de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 ó 5, en el que el parámetro N se selecciona mayor que 5.

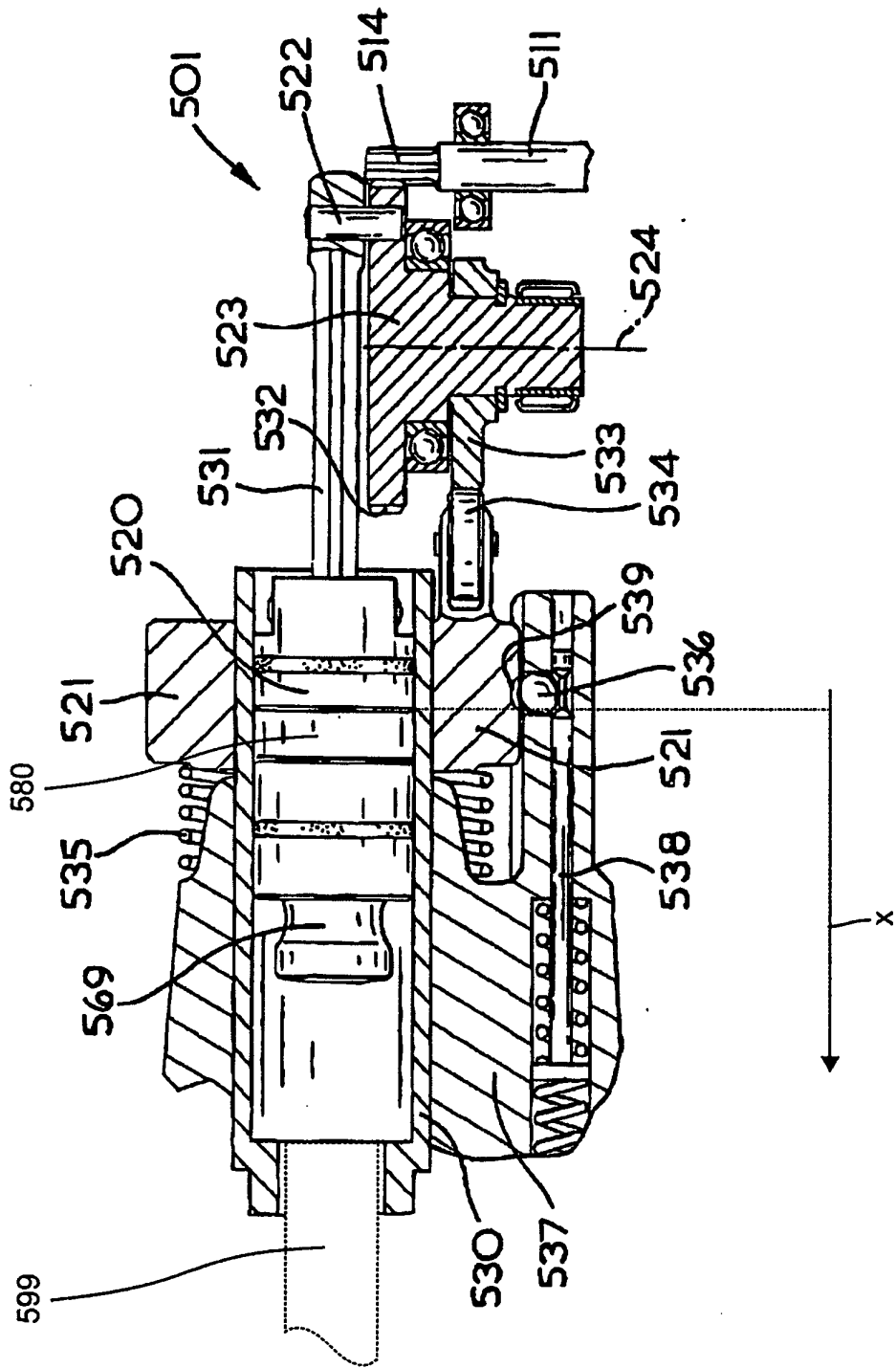


Fig. 1

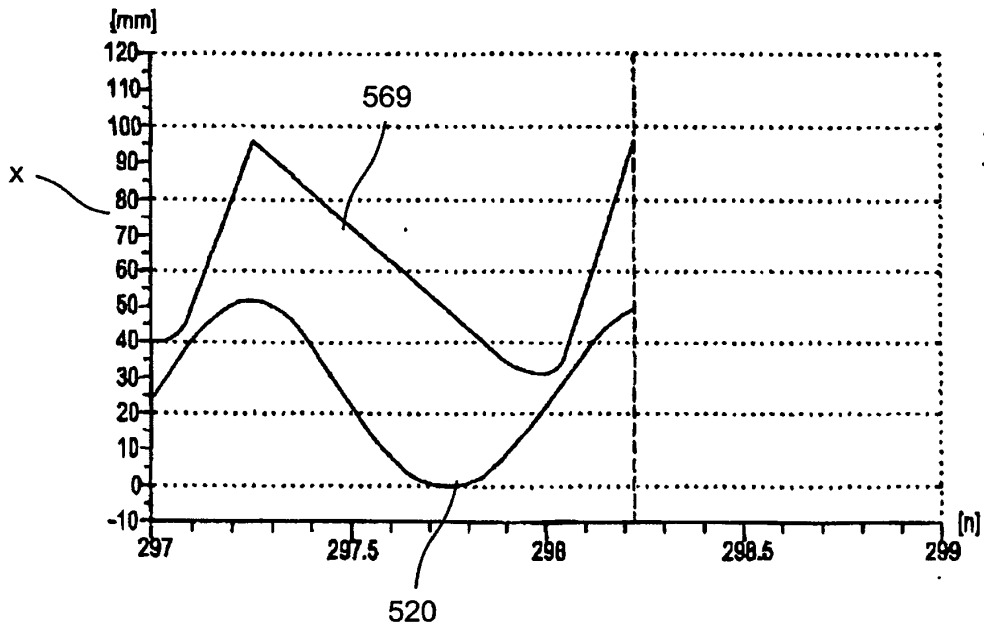


Fig. 2

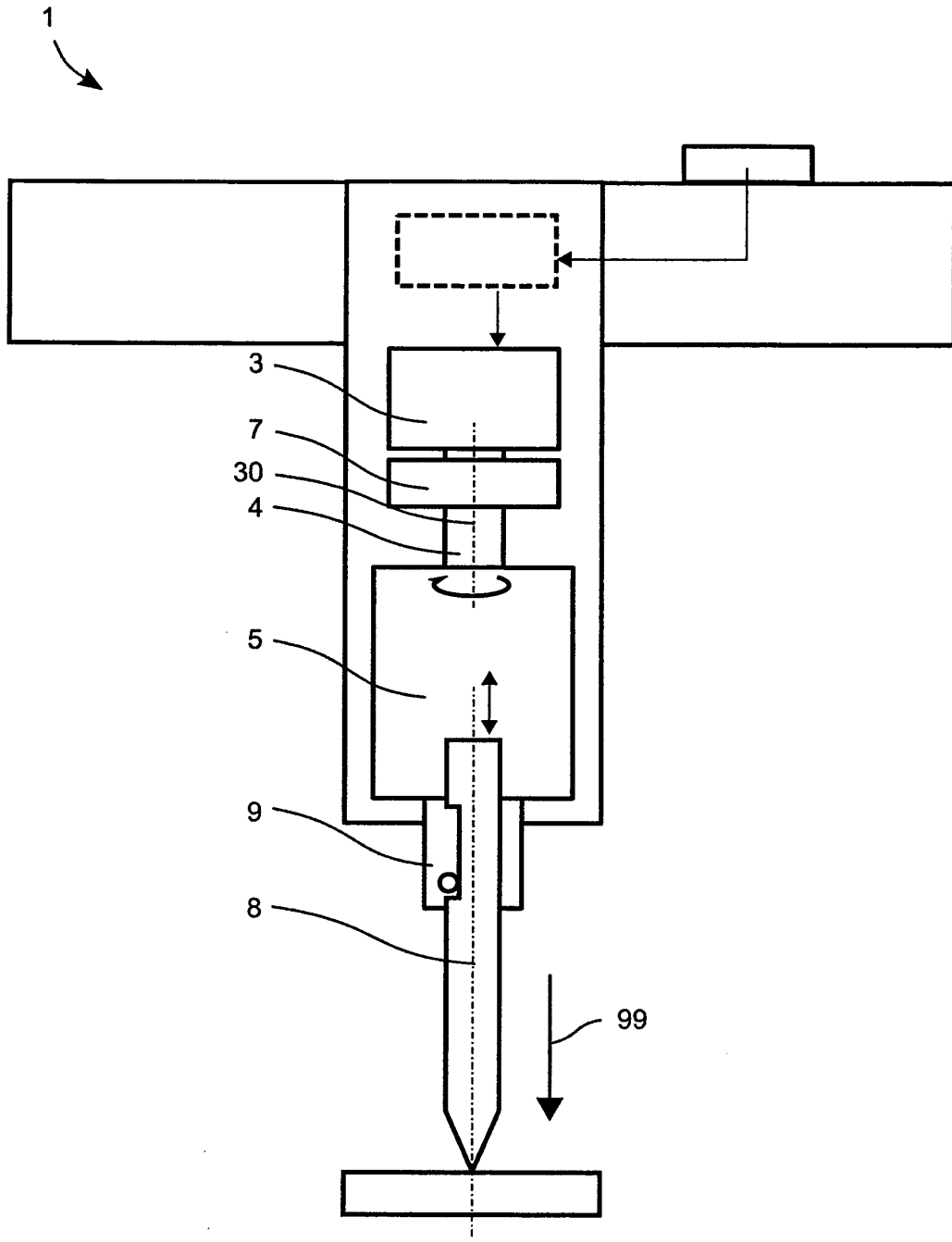


Fig. 3

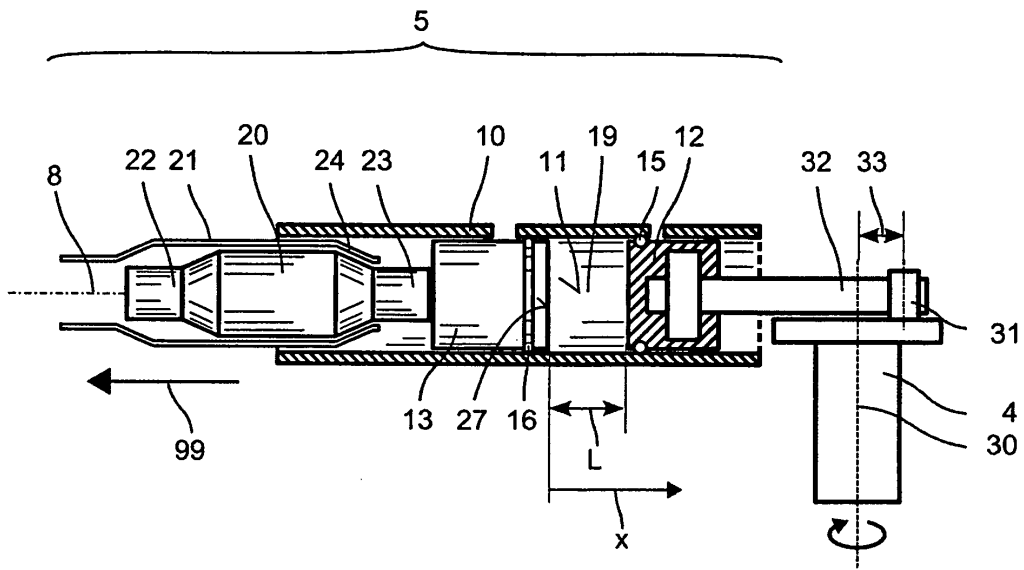


Fig. 4

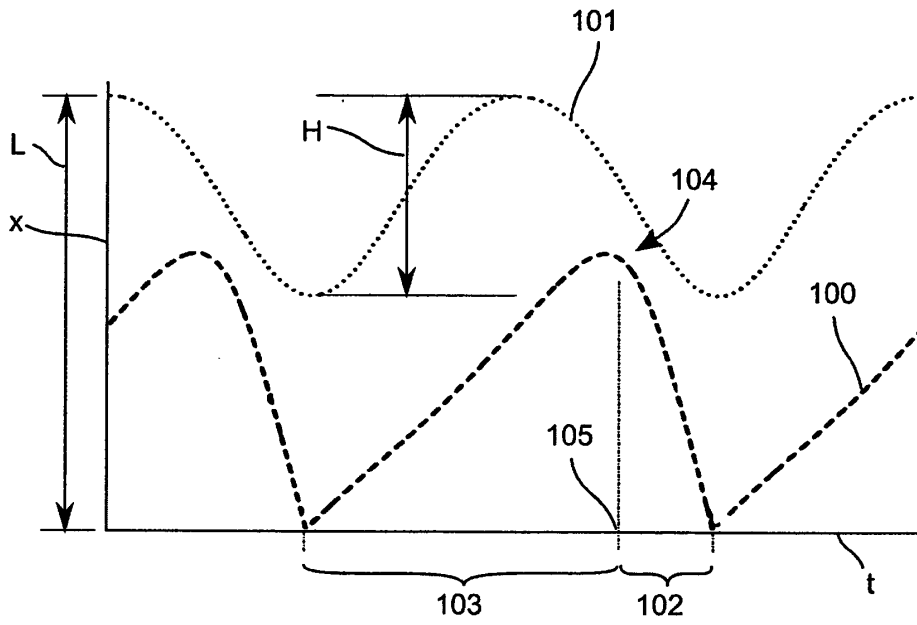


Fig. 5

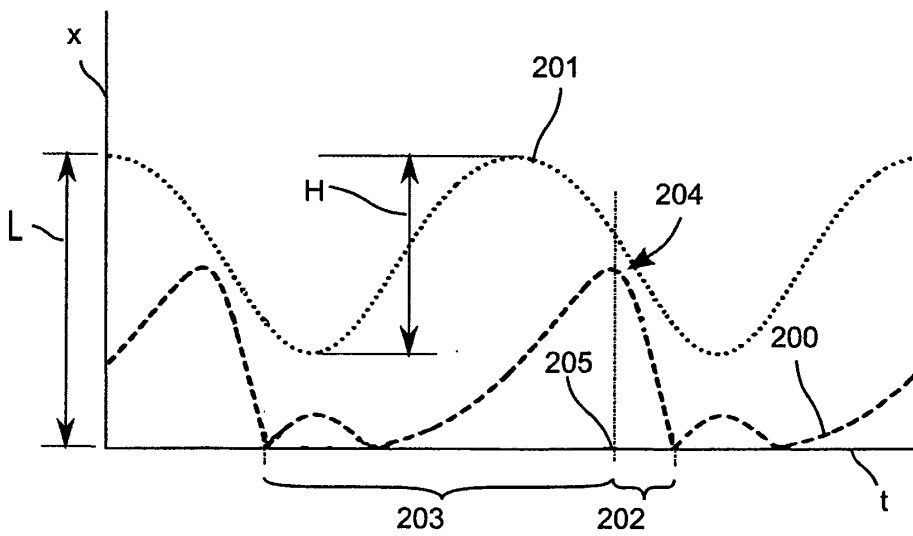


Fig. 6

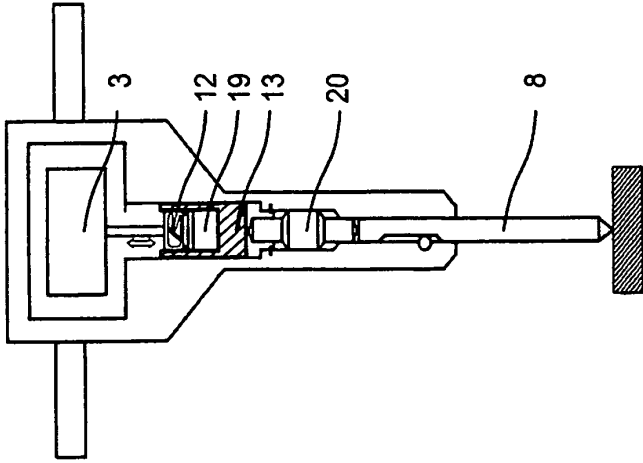


Fig. 7

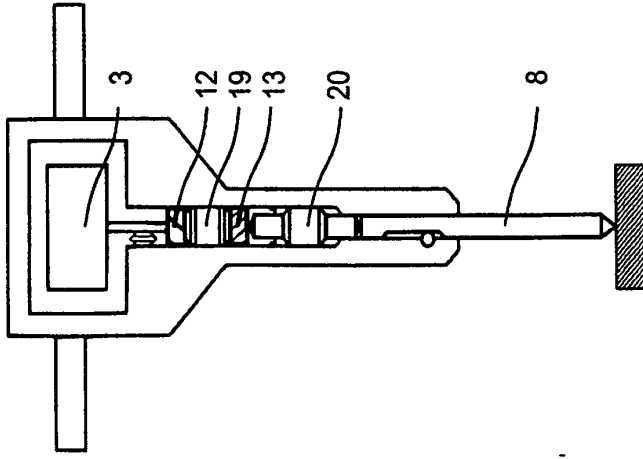


Fig. 8

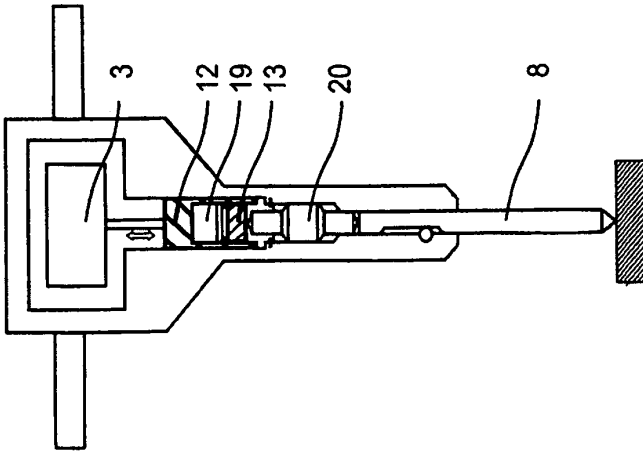


Fig. 9