

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 245**

51 Int. Cl.:

B25D 11/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2009** **E 09179004 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017** **EP 2213423**

54 Título: **Mecanismo de percusión neumático**

30 Prioridad:

30.01.2009 DE 102009008190

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

02.11.2017

73 Titular/es:

**HILTI AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
FELDKIRCHERSTRASSE 100
9494 SCHAAN, LI**

72 Inventor/es:

**JOHN, ALEXANDER;
SCHULZ, REINHARD y
PFEIFFER, EDUARD**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 640 245 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 percusión neumático

ÁMBITO DE LA INVENCION

5 La presente invención hace referencia a un mecanismo de percusión neumático según el preámbulo de la reivindicación 1, en particular a un mecanismo de percusión neumático accionado de forma eléctrica, para una máquina herramienta, en particular para una máquina herramienta manual, por ejemplo un martillo cincel.

Un mecanismo de percusión de esa clase se conoce por ejemplo por la solicitud DE 39 10 598 A1.

Descripción del estado del arte

10 Un martillo cincel operado de forma eléctrica con un mecanismo de percusión neumático, entre otros, se conoce por la solicitud EP 1 779 980 A2, cuya representación esquemática del mecanismo de percusión de la figura 6 se toma en la figura 1.

15 En un tubo guía 530, un pistón libre 569 se encuentra dispuesto entre un pistón excitador 520 y una pieza del extremo de una herramienta 599. El pistón libre 569 y el pistón excitador 520, de forma estanca al aire, terminan con una pared del tubo guía, de manera que entre el pistón libre 569 y el pistón excitador 520 se conforma una cámara 580 cerrada, estanca al aire. A continuación, la cámara 580 se denominará como cámara neumática 580.

El pistón excitador 520, impulsado por un accionamiento excéntrico 522, 523, 531; se desplaza de un lado a otro de forma periódica en el tubo guía 530. El pistón libre 569, debido a su acoplamiento en el pistón excitador 520 mediante la cámara neumática 580, es excitado igualmente para un movimiento periódico entre el pistón excitador 520 y la pieza del extremo de la herramienta 599.

20 La figura 2, de manera esquemática, muestra el desarrollo del movimiento del pistón excitador y del pistón libre a lo largo del tiempo t ; el desarrollo, entre otros, se representa también en la figura 13A de la solicitud EP 1 779 980 A2. El eje local x indica la distancia con respecto a la pieza del extremo de la herramienta 599. Cuando el pistón excitador 520 se desplaza con su velocidad máxima en la dirección hacia la herramienta 599 (hacia valores x reducidos), se encuentran más próximos el pistón excitador 520 y el pistón libre 569. La cámara neumática 569, de este modo, es comprimida en alto grado, acelerando debido a ello el pistón libre 569 en dirección hacia la herramienta 599. A continuación, el pistón libre 569 impacta de forma no amortiguada sobre la pieza del extremo de la herramienta 599. Una parte de la energía cinética del pistón libre 569 se transmite a la herramienta. Como en el caso de un choque parcialmente elástico con una pareja de choque pesada, el pistón libre 569 invierte su dirección de desplazamiento y se desplaza con una velocidad reducida en la dirección hacia el pistón excitador 520. La carrera H del pistón excitador 520, la velocidad angular del pistón excitador 520 y la longitud máxima a de la cámara neumática 580 están adaptadas una con respecto a otra, de manera que el movimiento del pistón libre 569, tal como se representa, es incitado de forma resonante a través del pistón excitador 520.

25 Existe la necesidad de aumentar aún más el efecto de percusión del martillo cincel sin aumentar una potencia absorbida del martillo cincel. El efecto de percusión del martillo cincel se produce esencialmente a partir de la energía liberada hacia una pieza de trabajo durante un golpe del martillo. La potencia absorbida resulta del producto de la energía liberada por golpe y de la frecuencia de impacto de los golpes. Por consiguiente, debe ser reducida la frecuencia de impacto de los golpes.

30 La energía liberada por golpe depende de la energía cinética que absorbe el pistón libre 569 hasta el impacto. El trabajo de aceleración es realizado por el pistón excitador 520, el cual, al aumentar la velocidad del pistón excitador 520, se incrementa en el tubo guía 530. La velocidad del pistón excitador 520 está predeterminada a través de la velocidad angular y de la carrera H del pistón excitador 520. Un aumento de la velocidad angular debido a la frecuencia de impacto de los golpes, que aumenta por ello, no se considera adecuado, pero puede aumentar la carrera H del pistón excitador 520. Sin embargo, esto requiere una longitud máxima mayor de la cámara neumática 580 y, con ello, un mecanismo de percusión más largo, para garantizar una excitación resonante del pistón libre 569.

35 40 45 Para que el martillo cincel, durante el funcionamiento, pueda ser sostenido ergonómicamente por un usuario, sin embargo, las dimensiones del martillo cincel y, con ello, también del mecanismo de percusión, están limitadas.

La energía cinética del pistón libre 569 puede alcanzarse también a través de un aumento de la masa, pero entonces un operador experimenta una repercusión del impacto más elevada al acelerar el pistón libre 569 a través del pistón excitador 520.

Descripción de la invención

Un objeto consiste en proporcionar una máquina herramienta de percusión, la cual posibilite una repercusión del impacto mejorada, considerando los aspectos ergonómicos. La solución del objeto tiene lugar a través de un mecanismo de percusión neumático según la reivindicación 1. El mecanismo de percusión neumático presenta: un pistón libre que puede desplazarse a lo largo de un eje de percusión; una superficie de impacto que limita un movimiento del pistón libre a lo largo del eje de percusión en la dirección del impacto; un pistón excitador que limita un movimiento del pistón libre a lo largo del eje de impacto de forma opuesta a la dirección del impacto; una cámara neumática entre el pistón libre y el pistón excitador; un accionamiento para el desplazamiento periódico del pistón excitador con una carrera H a lo largo del eje de percusión, debido a lo cual el pistón libre es excitado para un movimiento periódico entre la superficie de impacto y una aproximación mínima hacia el pistón excitador. Una relación de longitudes de la longitud máxima de la cámara neumática con respecto a la carrera se selecciona menor que 1,55.

La longitud máxima de la cámara neumática es la distancia del pistón excitador hacia el pistón libre, cuando el pistón excitador se encuentra dispuesto en su posición distanciada del alojamiento de la herramienta y el pistón libre se encuentra dispuesto de forma adyacente con respecto a la superficie de impacto. La longitud máxima se utiliza como magnitud para diseñar y caracterizar el mecanismo de percusión. Durante el funcionamiento, usualmente la cámara neumática no ocupa en ningún momento la longitud máxima.

Una circulación del pistón libre en el mecanismo de percusión se compone de una primera fase con un movimiento desde la aproximación mínima al pistón excitador con respecto al golpe, y de una segunda fase con un movimiento desde la posición de percusión hacia la siguiente aproximación mínima al pistón excitador. La primera fase y la segunda fase finalizan juntas dentro de un lapso que está predeterminado a través del período del movimiento del pistón excitador. Debido al frenado del pistón libre hasta la detención transitoria, aumenta la duración de la segunda fase, afectando la duración de la primera fase. El pistón libre supera la distancia entre la aproximación mínima y el golpe en un tiempo más corto, por lo tanto, del modo deseado, con una velocidad más elevada.

El frenado del pistón libre durante la segunda fase tiene lugar cuando las dimensiones de la carrera y de la longitud máxima de la cámara neumática se seleccionan de forma adecuada. Al inicio de la segunda fase se comprime la cámara neumática, ya que el pistón excitador después del golpe se desplaza aún en la dirección del impacto o el pistón libre al principio se desplaza con una velocidad mayor que el pistón excitador, en contra de la dirección del impacto. Se produce entonces un aumento de presión en la cámara neumática, el cual frena el pistón libre. El aumento de presión es tanto mayor, cuanto menor es el volumen de la cámara neumática, o cuanto mayor es el movimiento restante de la carrera del pistón excitador en la dirección de la superficie de contacto.

Con la ayuda de mecanismos de percusión realizados y de simulaciones numéricas se comprobó que en los parámetros típicos, en cuanto a la masa del pistón libre, a un diámetro de la cámara neumática y a una frecuencia de impacto durante el funcionamiento, con la relación mencionada de 1,55; se alcanza un aumento de la energía del impacto debido a un movimiento lento del pistón libre en la segunda fase.

En las reivindicaciones dependientes se indican variantes del mecanismo de percusión.

En una variante se prevé que la carrera se seleccione en función de la longitud máxima de la cámara neumática, de manera que el pistón libre, en el caso del desplazamiento entre la superficie de impacto y una aproximación mínima subsiguiente en el pistón excitador, modifique al menos una vez la dirección de desplazamiento. Para ello puede ser ventajosa una relación de menos que 1,50. Una modificación de la dirección de desplazamiento durante la segunda fase conduce a un recorrido más largo, el cual recorre el pistón libre durante una circulación. La velocidad del pistón libre durante la primera fase es más elevada, también considerando la condición de contorno del lapso predeterminado para una circulación.

En una variante se prevé que la carrera se seleccione en función de la longitud máxima de la cámara neumática, de manera que el pistón libre entre dos aproximaciones mínimas consecutivas hacia el pistón excitador, toca al menos dos veces la superficie de impacto. Para ello puede ser ventajosa una relación de menos que 1,40. La inversión de la dirección de desplazamiento a través del segundo golpe conduce a una velocidad elevada del pistón libre al final de la segunda fase. Por lo tanto, el pistón libre puede aproximarse en alto grado al pistón excitador y, debido a la cámara neumática, experimenta después una aceleración más elevada en la dirección hacia la superficie de impacto.

En una variante se prevé que cuando la masa del pistón libre es mayor que 400g, la relación de las longitudes se seleccione menor que 1,55 y cuando la masa del pistón libre es menor que 400 g, la relación de longitudes se seleccione menor que 1,40.

En una variante se prevé que cuando una relación de la masa del percutor con respecto a la masa del pistón libre es menor que 1,2; la relación de longitudes se seleccione menor que 1,40.

Breve descripción de las figuras

5 La presente invención se explica a continuación mediante formas de ejecución indicadas a modo de ejemplos, haciendo referencia a las figuras. Éstas muestran:

Figura 1: un corte a través de un mecanismo de percusión conocido;

Figura 2: una trayectoria de un pistón libre en el mecanismo de percusión conocido;

Figura 3: una sección de una forma de ejecución de una máquina herramienta manual de percusión;

Figura 4: una sección de una forma de ejecución de un mecanismo de percusión;

10 Figura 5: una trayectoria de un pistón libre con parámetros conocidos del mecanismo de percusión;

Figura 6: una trayectoria de un pistón libre de una forma de ejecución del mecanismo de percusión;

Figura 7 a 9: otras máquinas herramienta manuales con mecanismos de percusión.

Los elementos idénticos o que cumplen la misma función se indican en las figuras con los mismos símbolos de referencia, a menos que se indique otra cosa.

15 Formas de ejecución de la invención

La figura 3, de manera esquemática, como ejemplo de una máquina herramienta manual de percusión, muestra un martillo cincel 1 electroneumático; otros ejemplos no representados son, entre otros, martillo perforador, martillo combinado.

20 En una carcasa de una máquina herramienta 2 se encuentra dispuesta una línea de accionamiento con un accionamiento primario 3, un árbol de accionamiento 4 y un mecanismo de percusión 5. Entre el accionamiento primario 3 y el árbol de accionamiento 4 puede estar conectado un mecanismo de transmisión 7. El accionamiento primario 3 es preferentemente un motor eléctrico, por ejemplo un motor universal o un motor sin escobillas. El árbol de accionamiento 4 rota con velocidades de rotación en el rango de entre 1 Hz y 100 Hz, por ejemplo con 10 Hz a 60 Hz. El movimiento de rotación del árbol de accionamiento 4 es transmitido en un movimiento de percusión periódico a lo largo de un eje de percusión 8, a través del mecanismo de percusión 5. Una herramienta sostenida en un soporte de herramienta 9 es impulsada hacia fuera desde el martillo cincel 1 a través de los golpes periódicos a lo largo del eje de percusión 8, en la dirección del impacto 99. Un retorno de la herramienta hacia el martillo cincel 1 en contra de la dirección del impacto 99 tiene lugar presionando el martillo cincel 1 contra una pieza de trabajo.

La figura 4 muestra una estructura a modo de ejemplo del mecanismo de percusión 5.

30 El mecanismo de percusión 5 presenta un pistón excitador 12 y un pistón libre 13 que pueden desplazarse a lo largo del eje de percusión 8. En la ejecución representada el pistón excitador 12 y el pistón libre son guiados a través de una pared 11 de un tubo guía 10.

35 En un extremo del lado de la herramienta del tubo guía 10, un percutor 20 se encuentra montado en una guía de percutor 21. Un extremo 22 orientado hacia la herramienta se encuentra en contacto con una herramienta 8 que es sostenida en el soporte de herramienta 9. Un extremo 23 del percutor 20, apartado de la herramienta, sobresale desde la guía de percutor 21, en el espacio interno del tubo guía 10. Durante el funcionamiento de percusión el percutor 20 se sitúa de forma adyacente en un extremo 24 apartado de la herramienta, de la guía de percutor 21. En esa posición, el extremo 23 apartado de la herramienta, del percutor 20, define la posición de la superficie de impacto 27 del mecanismo de percusión 5.

40 El percutor 20, del modo explicado, puede proporcionarse en el mecanismo de percusión 5 como mediador entre el pistón libre 12 y una herramienta 8. Esto posibilita en particular un diseño del mecanismo de percusión 5, el cual es independiente de una masa de la herramienta 8 utilizada. Para ello, el percutor 20 puede seleccionarse marcadamente más pesado que la masa típica de la herramienta 8.

45 En otra variante no se proporciona ningún percutor 20. El pistón libre 12 golpea directamente sobre una superficie del extremo de la herramienta 8. La superficie del extremo forma en este caso la superficie de impacto 27. La

herramienta 8 está insertada en el alojamiento de herramienta 9, tanto como sea posible en la dirección hacia el mecanismo de percusión 5. En esa posición la herramienta 8 define la superficie de impacto.

El pistón excitador 12, a través del árbol de accionamiento 4, es forzado a un movimiento periódico a lo largo del eje de percusión 14. El árbol de accionamiento 4 rota alrededor de su eje de rotación 30, desplazando un elemento oscilante 31 dispuesto excéntricamente con respecto al eje de rotación 30. El elemento oscilante 31 está conectado al pistón excitador 12 mediante un sistema de vástagos 32. Una carrera H del pistón excitador 12 es definida como la distancia entre las dos posiciones en las cuales el pistón excitador 12 se encuentra más cerca o más lejos de la superficie de impacto 27. La carrera H del pistón excitador 12 está predeterminada a través de la distancia 33 del elemento oscilante 31, desde el eje de rotación 30, y corresponde aproximadamente al doble del radio del cigüeñal 33 del elemento oscilante 31. El movimiento del pistón excitador 12 es periódico y, dependiendo de la conformación del accionamiento excéntrico 4, el movimiento es sinusoidal o aproximadamente sinusoidal.

El pistón excitador 12 y el pistón libre 13 limitan una cámara cerrada de forma estanca situada entre los mismos, la cámara neumática 19. Una superficie de la sección transversal A de la cámara neumática 19 corresponde aproximadamente a una superficie de la sección transversal 13 y del pistón excitador 12. Una terminación estanca al aire puede alcanzarse por ejemplo a través de anillos de estanqueidad 15, 16. La cámara neumática 19 posee una longitud máxima L cuando el pistón excitador 12 se encuentra a una distancia mínima con respecto a la superficie de impacto 27 y el pistón libre 13 es adyacente con respecto a la superficie de impacto 27.

Un modelo simple de la trayectoria del pistón libre 13 se explicará a continuación mediante un mecanismo de percusión tradicional y un mecanismo de percusión 5 de acuerdo con una forma de ejecución. El modelo sirve para hallar parámetros del mecanismo de percusión 5, en los cuales el pistón libre 13, entre un golpe sobre la superficie de impacto 27 y una distancia mínima subsiguiente hacia el pistón excitador 12, frena al menos hasta la detención o modifica incluso su dirección de desplazamiento.

La figura 5 muestra una trayectoria 100 del pistón libre 13 para un mecanismo de percusión tradicional, largo, marcada a lo largo del tiempo t. La trayectoria 100 está determinada mediante una simulación desde el principio. Los parámetros del mecanismo de percusión son: frecuencia de impacto f = 14,5 Hz; masa del percutor m₁ = 2,119 kg; masa del pistón libre m₂ = 1,248 kg; carrera H = 0,094 m; longitud máxima de la cámara neumática L = 0,204 m; superficie de la sección transversal de la cámara neumática A = 0,0034 m²; número de golpes q = 0,25. Se encuentra marcada también la curva de la trayectoria 101 del pistón excitador 12. La figura 6 muestra una trayectoria 200 del pistón libre 13 para un mecanismo de percusión 5 corto según una forma de ejecución. El único parámetro modificado con respecto a la figura 5 es la longitud máxima L de la cámara neumática: L = 0,139 m.

La trayectoria 100 del mecanismo de percusión largo puede dividirse en dos fases 102, 103; limitada por puntos de inversión 104, 105 de la trayectoria 100. El primer punto de inversión 104 resulta en el caso de la distancia mínima del pistón libre 13 en el pistón excitador 12. El segundo punto de inversión 105 resulta a través del golpe del pistón libre 13 sobre la superficie de impacto 27.

La trayectoria en el área del primer punto de inversión 104 puede describirse a través de un impacto del pistón libre 13 en el pistón excitador 12 desplazado. La masa efectiva del pistón excitador 12 se supone como infinita, porque el pistón excitador 12 se encuentra acoplado de forma rígida en el accionamiento. De manera típica para una excitación resonante, el primer punto de inversión 104 coincide con la velocidad máxima del pistón excitador 12. La velocidad v₁ del pistón libre 13 después del primer punto de inversión 104, de este modo, es aproximadamente v₁ = 2π·H·f+v₃, donde v₂ indica la velocidad desde el primer punto de inversión 104.

En el caso del golpe del pistón libre 13 con el percutor 20, así como con la herramienta, el valor de la velocidad v₂ del pistón libre 13 después del golpe es menor que la velocidad v₁ antes del impacto, ya que una parte de la energía cinética del pistón libre 12 es transmitida hacia el percutor 20. La relación (número de golpes q) de las velocidades v₂/v₁ está predeterminada a través de la masa m₂ del pistón libre 13, la masa m₁ del percutor 20 y un factor de forma

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

e de la pareja de choque: El factor de forma e presenta valores de 0 a 1; para parejas de choque cortas compactas en la proximidad de 1 y para parejas de choque estructuradas más bien alargadas en la proximidad de 0. Valores a modo de ejemplo para el número de golpes k se ubican en el rango de 0,05 a 0,35. Por ejemplo, el número de golpes (q) puede ser seleccionado en 0,22; cuando una relación m₁/m₂ de la masa (m₁) del percutor con respecto a la masa (m₂) del pistón libre (13) es mayor que 1,2; donde de lo contrario el número de golpes (q) puede seleccionarse en 0,12.

Durante la primera fase 102 y la segunda fase 103 se modifica el volumen V de la cámara neumática 19. Como consecuencia, se modifica también la presión p dentro de la cámara neumática 19. Por consiguiente, el pistón libre 13, entre los dos puntos de inversión 104, 105; experimenta también una aceleración que aumenta o reduce su velocidad v₁, v₂.

5 La presión p puede estimarse a través de una aproximación adiabática, donde $(p \cdot V)^\kappa$ es constante, donde κ (kappa) representa el exponente adiabático (por ejemplo 1,4 para aire en el rango de presión dominante de 0,5 bar a 10 bar) y V representa el volumen de la cámara neumática 19. Se supone que un volumen neutral V_0 , en donde una presión p en la cámara neumática 19 corresponde aproximadamente a la presión normal p_0 del ambiente (por ejemplo 1 bar), corresponde a la mitad de la longitud máxima de la cámara neumática 19, es decir, cuando la distancia x del pistón libre 13 con respecto al pistón excitador 12 es $x = L/2$.

10 En el caso del mecanismo de percusión largo, el volumen de la cámara neumática 2 se modifica sólo de forma mínima en la primera y en la segunda fase 102, 103; comparado con el volumen neutral V_0 . Lo mencionado está condicionado parcialmente por la carrera H reducida, comparado con la longitud máxima L . De manera correspondiente, resultan también sólo desviaciones mínimas con respecto a la presión ambiente p_0 y fuerzas reducidas en el pistón libre 13. La influencia de la cámara neumática 19 sobre el movimiento del pistón libre 13 en el mecanismo de percusión largo no es relevante. La velocidad v_1 durante la primera fase 102 y la velocidad v_2 durante la segunda fase 103, permanecen aproximadamente constantes.

15 De forma aproximada se supone que el pistón libre 13 y el pistón excitador 12 se tocan en el primer punto de inversión 14, en la distancia $x = L-1/2H$ desde la superficie de impacto 27. Bajo la condición de contorno, de que dentro de un período, es decir, del lapso f^{-1} , sea recorrido el tramo $L-1/2H$ por el pistón libre 13, una vez con la primera velocidad v_1 y una vez con la segunda velocidad v_2 , para la primera velocidad resulta:

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

20 En el mecanismo de percusión 5, la trayectoria 200 presenta igualmente los dos puntos de inversión 204, 205; los cuales resultan a través de una aproximación mínima hacia el pistón excitador 13 y de un golpe subsiguiente sobre la superficie de impacto 27.

25 Durante la primera fase 202, el pistón libre 13 se desplaza desde el primer punto de inversión 204 hacia el segundo punto de inversión 205, de forma similar a un mecanismo de percusión largo. La velocidad v_1 es aproximadamente constante y asciende por ejemplo a $v_1 = 2\pi \cdot H \cdot f + v_3$, donde v_3 es la velocidad poco antes del primer punto de inversión 204. Para una estimación de la velocidad $v_3 = 2f \cdot (a-1/2H)$ puede suponerse que el movimiento desde la superficie de impacto 27 hasta el primer punto de inversión 203 tiene lugar aproximadamente durante la mitad de un período ($1/2f^{-1}$).

30 La segunda fase 203 del mecanismo de percusión 5 corto se diferencia de la segunda fase 103 del mecanismo de percusión largo. La velocidad del pistón libre 13 se frena en cero, donde en el ejemplo representado el movimiento del pistón libre 13 incluso se invierte. La fuerza de impulsión para el frenado se produce a través del fuerte acoplamiento del pistón libre 13 en el pistón excitador 12, mediante la cámara neumática 19.

A continuación se estiman parámetros del mecanismo de percusión 5, en los cuales la velocidad v_2 del pistón libre 13 se frena al menos en cero después del segundo punto de inversión 205.

35 La fuerza de frenado resulta a través de la sobrepresión $(p-p_0)$ de la cámara neumática 19 con respecto al ambiente, la cual actúa sobre la superficie de la sección transversal A de la cámara neumática 19. Debido al movimiento del pistón libre 13 en dirección hacia el pistón excitador 12 se reduce además el volumen V de la cámara neumática 19 y, de manera correspondiente, aumenta la sobrepresión $(p-p_0)$. La modificación de la presión puede determinarse en base a la aproximación adiabática $p \cdot V^\kappa = p_0 \cdot V_0^\kappa$.

40 El frenado tiene lugar usualmente a lo sumo dentro de un cuarto de un período ($T = 1/4 f^{-1}$) después del segundo punto de inversión 205. Durante ese lapso T el pistón excitador 12 se desplaza con lentitud. Una modificación de la presión p en la cámara neumática 19 se domina durante el lapso T , a través del movimiento del pistón libre 13. Después del lapso T , el pistón excitador 12 alcanza una velocidad que es marcadamente mayor que la velocidad v_2 del pistón libre 13. La distancia relativa se agranda rápidamente y pronto es mayor que $1/2L$, por lo cual el pistón libre 13 se acelera nuevamente en dirección hacia el pistón excitador 12.

45 Durante el lapso T , la posición x_1 del pistón excitador 12 se supone como aproximadamente constante, igual a la distancia mínima posible con respecto a la superficie de impacto 27 ($x_1 = L-H$). El volumen de la cámara neumática V durante el lapso T resulta en: $V = A(L-H-v_2 \cdot t)$, donde la velocidad V_2 para calcular el volumen V se supone como constante.

50 El pistón libre 13 se detiene cuando la integral de la fuerza frenado a lo largo del lapso T corresponde al impulso del pistón libre 13, es decir $v_2 \cdot m_2$, después del segundo punto de inversión 204:

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

Utilizando las relaciones antes descritas y una expansión de series después del tiempo hasta una primera orden, con $T = (N f)^{-1}$ resulta:

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

5 En base a la desigualdad es evidente que un aumento de la superficie de la sección transversal A, de la carrera H y/o una reducción de la masa m_2 del pistón libre 13, de la longitud máxima L de la cámara neumática 19, de la frecuencia de impacto, conducen tendencialmente a un mecanismo de percusión 5 en donde el movimiento del pistón libre 13 se frena hasta la detención.

10 El parámetro N preferentemente es mayor que 4, debido a la suposición descrita de que un frenado tiene lugar dentro de un cuarto de un período $T = 1/4f^{-1}$.

15 En la introducción se explica que una selección de la frecuencia de impacto f y de la masa m_2 del pistón libre 13 se imponen a través de límites estrechos. La superficie de la sección transversal A de la cámara neumática 19 está acoplada estrechamente con la forma y las propiedades de impacto del pistón libre 13. Sin embargo, las condiciones de contorno externas pueden permitir una selección ampliamente libre de la longitud máxima L de la cámara neumática 19 y de la carrera H del pistón excitador 13.

Para mecanismos de percusión 5 pesados con un pistón libre 13 con la masa m_2 mayor que 400 g, y con sus parámetros típicos por lo demás, como un número de impactos elevado ($q > 0,2$), 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 percusión 5 livianos con la masa m_2 menor que 400g, una selección de la relación de: $L/H < 1,40$.

20 Preferentemente, el mecanismo de percusión 5 es operado de manera resonante, de modo que el primer punto de inversión 204 y la velocidad máxima del pistón excitador 12 coinciden, es decir que una diferencia de los respectivos momentos es menor que el 2% del período ($T = f^{-1}$).

25 En el caso del funcionamiento resonante, con la ayuda de simulaciones y prototipos, se supone que un frenado completo tiene lugar dentro de un lapso $T_0 = 3/8f^{-1}$, después del primer punto de inversión 204. Después del lapso T_0 la velocidad del pistón excitador aumenta al 70% de su valor máximo, debido a lo cual tiene lugar una reducción rápida de la sobrepresión de frenado, formándose una presión negativa de aceleración.

30 El pistón libre 12 necesita aproximadamente un lapso de $1/8f^{-1}$ a $1/4f^{-1}$ para su movimiento hacia la superficie de impacto 27. El frenado puede tener lugar dentro de un lapso de $1/8f^{-1}$ a $1/4f^{-1}$, por lo cual N asciende por lo menos a 4, preferentemente a 6 u 8. Para un funcionamiento resonante, los parámetros del mecanismo de percusión 5 pueden determinarse según la ecuación anterior, con el parámetro N seleccionado.

35 En otra variante, los parámetros del mecanismo de percusión 5 se seleccionan de manera que el pistón libre 13, en el mecanismo de percusión 5, después del segundo punto de inversión 205, toca nuevamente la superficie de impacto 27 (punto 206), antes de que el pistón libre 13 se desplace en el aire hasta el primer punto de inversión 204. La prolongación de la trayectoria del pistón libre 13 permite una velocidad más elevada, manteniendo la frecuencia de impacto f.

40 Para que el pistón libre 13 retorne a la superficie de impacto 27, el frenado debe tener lugar a tiempo, hasta la detención. A continuación, durante un lapso lo suficientemente prolongado, una sobrepresión debe ser dominante en la cámara neumática 19, para acelerar el pistón libre en la dirección de la superficie de impacto 27. En base a ensayos pudo observarse que esto se alcanza en el caso de un lapso T_0 menor a $2/6f^{-1}$. La velocidad del pistón excitador 12 dentro del lapso T_0 alcanza sólo el 50% de su velocidad máxima. El mecanismo de percusión 5 puede estar diseñado en correspondencia con la desigualdad anterior, donde N se selecciona mayor que 5, preferentemente mayor que 8 ó 10. El parámetro N puede seleccionarse mayor que 8 para la segunda percusión durante una circulación del pistón libre.

45 La disposición de los elementos de un mecanismo de percusión puede tener lugar de diversos modos. Las figuras 7 a 9 muestran otras variantes. Las reglas propuestas más arriba para el diseño del mecanismo de percusión de la figura 4 también pueden aplicarse en esos tipos de mecanismos de percusión.

REIVINDICACIONES

1. Mecanismo de percusión neumático, con:

un pistón libre (13) que puede desplazarse a lo largo de un eje de percusión (8),

5 una superficie de impacto (27) que limita un movimiento del pistón libre (13) a lo largo del eje de percusión (8) en la dirección de impacto (99),

un pistón excitador (12) que limita un movimiento del pistón libre (13) a lo largo del eje de percusión (8) de forma opuesta con respecto a la dirección de impacto (99),

una cámara neumática (19) entre el pistón libre (13) y el pistón excitador (12),

10 un accionamiento (3) para el desplazamiento periódico del pistón excitador (12) con una carrera (H) a lo largo del eje de percusión (8), debido a lo cual el pistón libre (13) es excitado para un movimiento periódico entre la superficie de impacto (27) y una aproximación mínima hacia el pistón excitador (12),

caracterizado porque,

una relación de longitudes de la longitud máxima (11) de la cámara neumática (19) con respecto a la carrera (H) se selecciona menor que 1,55.

15 2. Mecanismo de percusión neumático según la reivindicación 1, caracterizado porque cuando la masa (m_2) del pistón libre (13) es mayor que 400g, la relación de las longitudes se selecciona menor que 1,55 y cuando la masa (m_2) del pistón libre (13) es menor que 400 g, la relación de longitudes se selecciona menor que 1,40.

20 3. Mecanismo de percusión neumático según la reivindicación 1, caracterizado porque cuando una relación m_1/m_2 de la masa (m_1) del percutor con respecto a la masa (m_2) del pistón libre (13) es menor que 1,2; la relación de longitudes se selecciona menor que 1,40.

25 4. Mecanismo de percusión neumático según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la masa (m_2) del pistón libre (13), una superficie de la sección transversal (A) de la cámara neumática, la longitud máxima (L) de la cámara neumática, la carrera (H) del pistón excitador (12) y un coeficiente de impacto (q) cumplen con la siguiente ecuación, cuando el mecanismo de percusión, en el funcionamiento de percusión, presenta una frecuencia de impacto (f):

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

donde el parámetro N asciende por lo menos a 4, p_0 denomina la presión ambiente y κ el coeficiente adiabático del gas en la cámara neumática (19).

30 5. Mecanismo de percusión neumático según la reivindicación 4, donde el coeficiente de impacto (q) se selecciona para ser 0,22, cuando una relación m_1/m_2 de la masa (m_1) del percutor con respecto a la masa (m_2) del pistón libre (13) se selecciona mayor que 1,2 y de lo contrario el coeficiente de impacto (q) se selecciona para ser 0,12.

6. Mecanismo de percusión neumático según una de las reivindicaciones 4 ó 5, donde el parámetro N se selecciona mayor que 5.

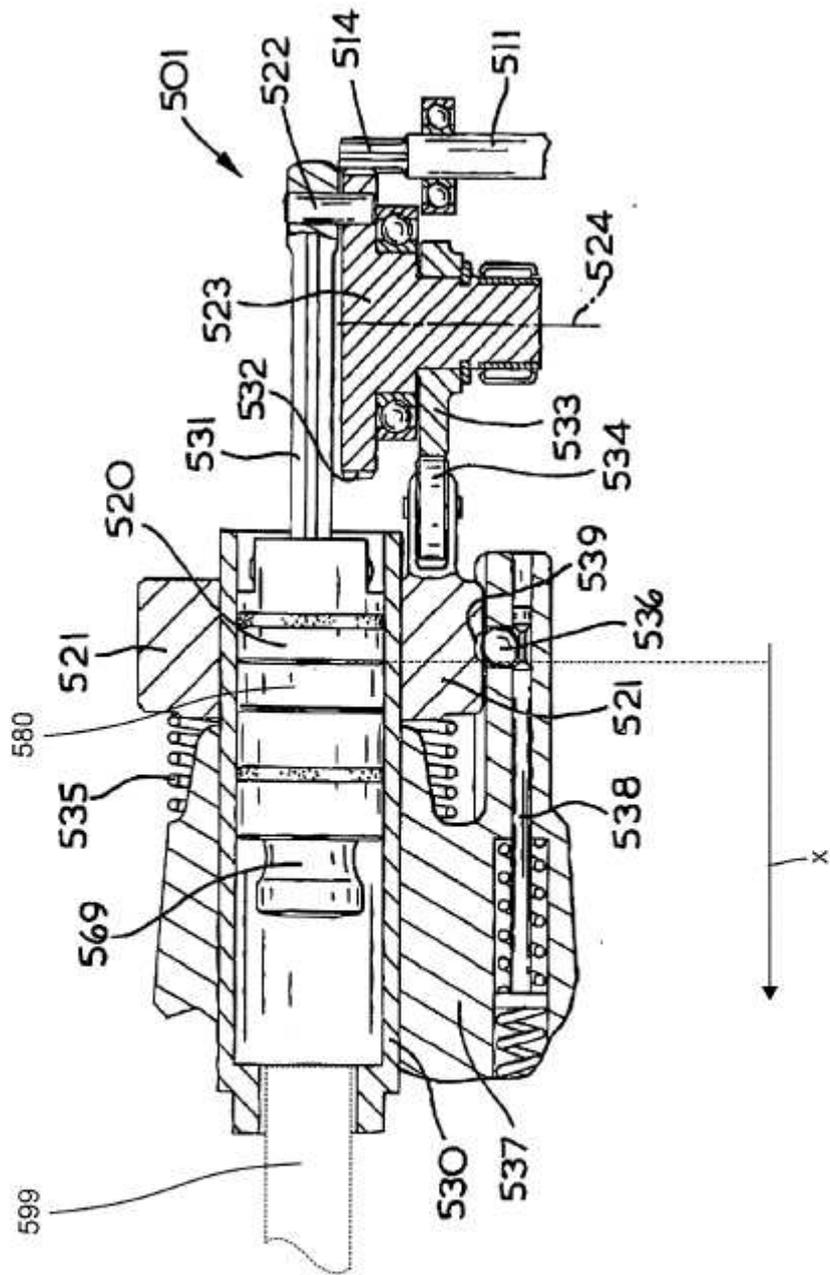


Fig. 1

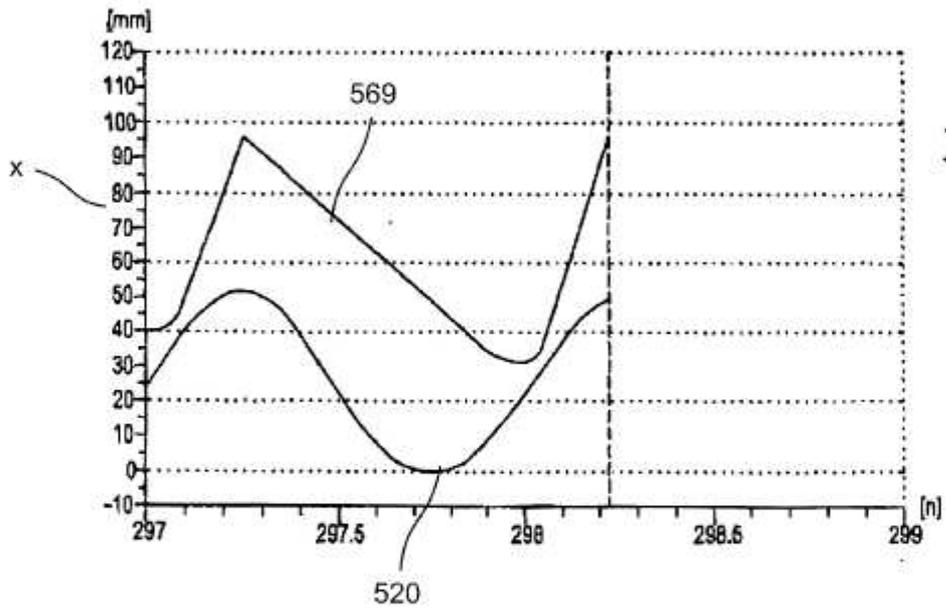


Fig. 2

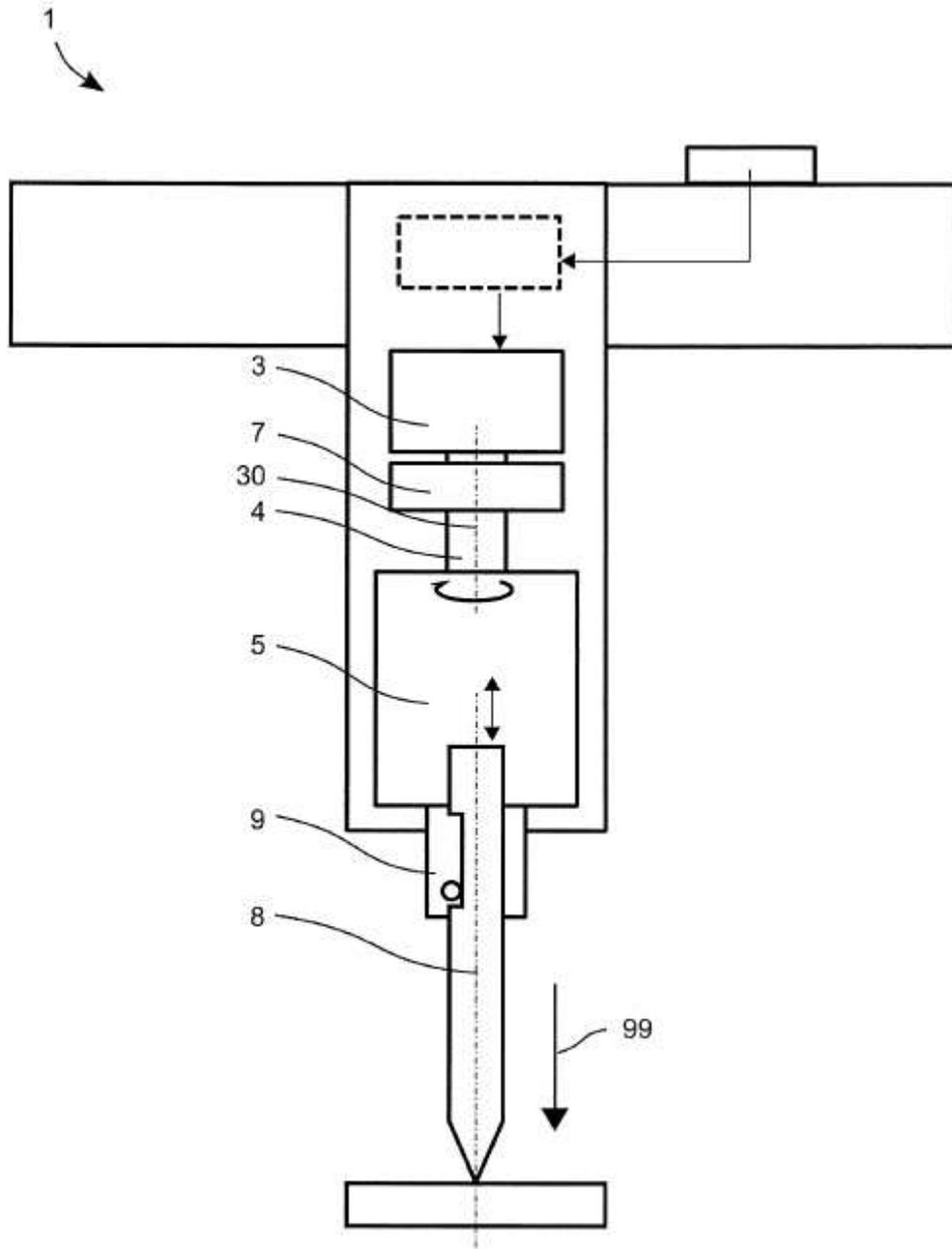


Fig. 3

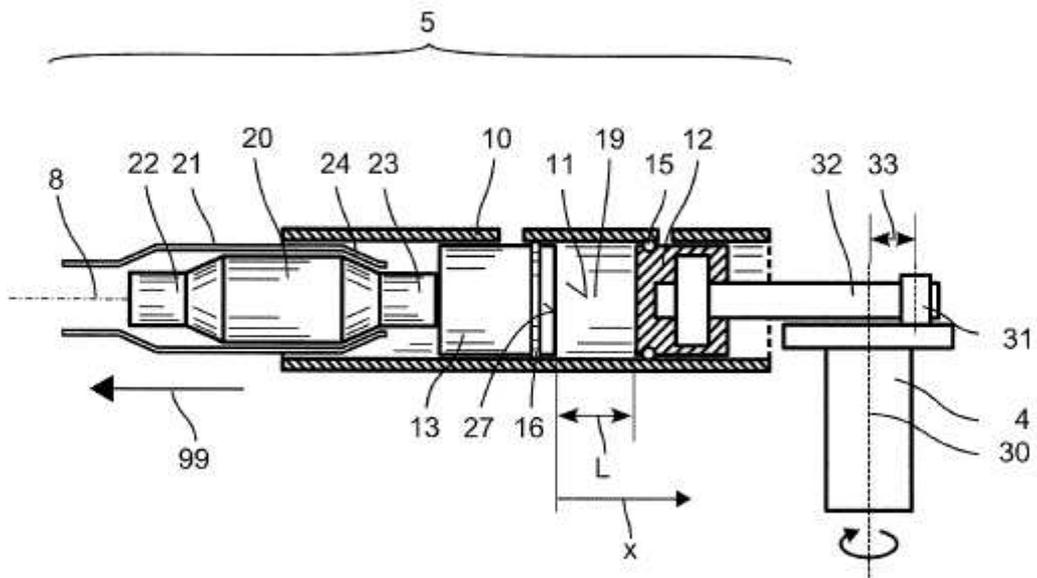
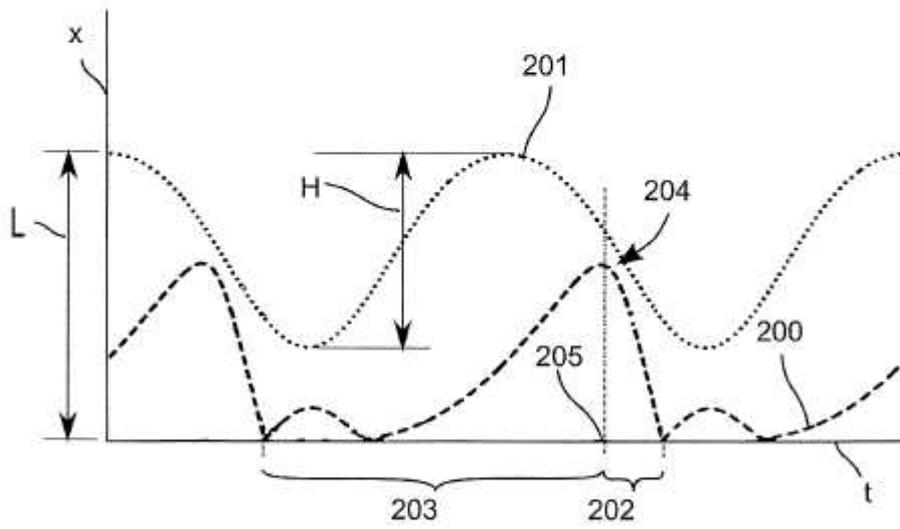
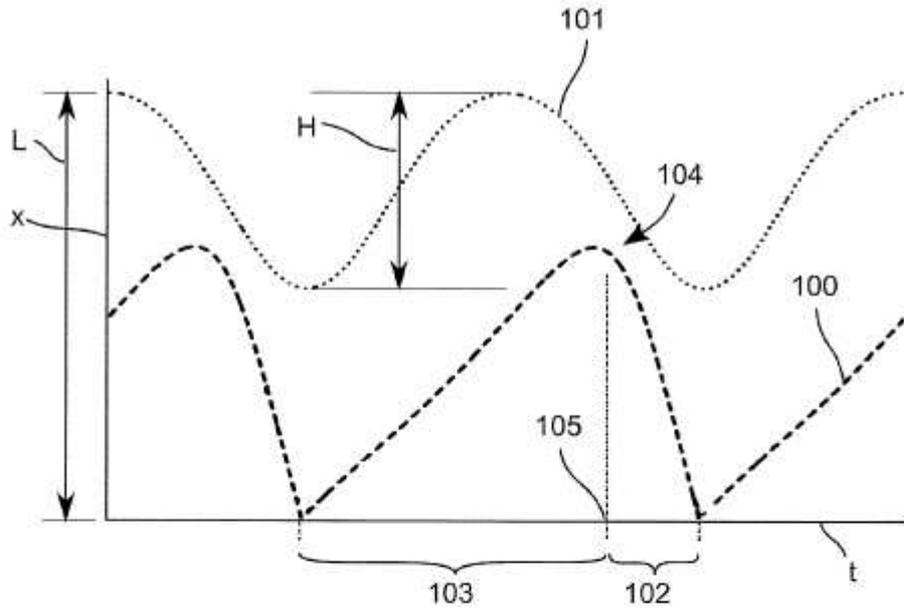


Fig. 4



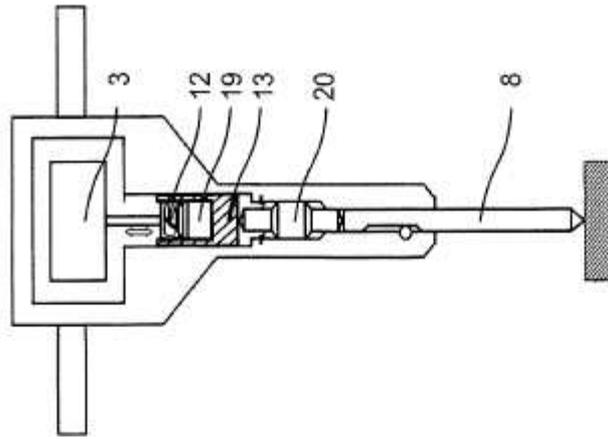


Fig. 7

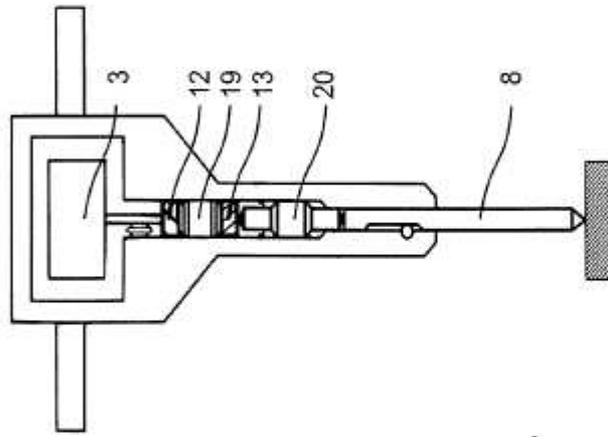


Fig. 8

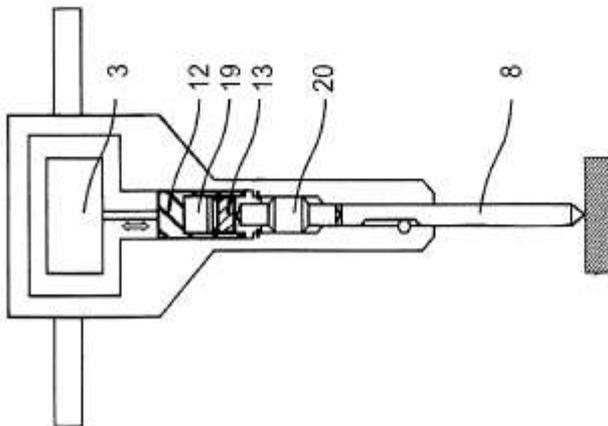


Fig. 9