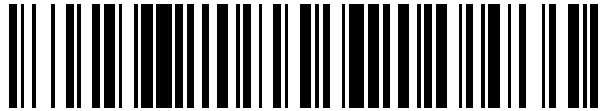


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 542**

51 Int. Cl.:

B41J 2/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2010 E 10752172 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 2442983**

54 Título: **Cabezal de impresión o cabezal de dosificación de múltiples canales**

30 Prioridad:

22.06.2009 DE 102009029946

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

09.06.2015

73 Titular/es:

BÜSTGENS, BURKHARD (100.0%)

Alte Bundesstrasse 94

79194 Gundelfingen, DE

72 Inventor/es:

BÜSTGENS, BURKHARD y

GEORGES, SUHEEL

74 Agente/Representante:

POLO FLORES, Luis Miguel

ES 2 537 542 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

Cabezal de impresión o cabezal de dosificación de múltiples canales

5 **[0001]** La invención se refiere a un cabezal de impresión o cabezal de dosificación según el preámbulo de la reivindicación 1, para imprimir, dispensar o dosificar líquidos en superficies o estructuras tridimensionales, en adelante se hace referencia a ello de manera abreviada como imprimir o impresión. En particular, relaciona la impresión con un cabezal de impresión, cabezal de dosificación, dispensador u otros dispositivos comparables, en adelante se hace referencia a ellos como cabezal de impresión, con una pluralidad de salidas de fluido 6, que se disponen según un patrón regular geométrico, preferentemente en filas. La invención también se refiere a imprimir o dispensar volúmenes de fluido en el rango de los nanolitros a mililitros por disparo, fluidos de viscosidad media (hasta 1 Pas), que también pueden incluir partículas (tamaño: hasta 0,3 mm de tamaño de partícula) en concentraciones de hasta un 90%, con tasas de un rango hasta de kHz y un pitch de mucho menos de un milímetro. La invención se refiere en particular a impresión con un dispositivo móvil, que deberá ser liviano y trabajar de manera segura sin derrames en condición de aceleración.

10 **[0002]** Los actuales cabezales de impresión a chorro de tinta son adecuados con respecto a la frecuencia de descarga y trabajan predominantemente de acuerdo con el principio de desplazamiento de fluido. Su uso se limita a fluidos con una viscosidad por debajo de 25 mPas. Los cabezales de impresión para líquidos de viscosidad más alta que trabajen según el principio de desplazamiento de fluido también se pueden realizar utilizando poderosos actuadores piezoeléctricos tipo pila. No obstante, no se puede realizar un cabezal de impresión de múltiples canales con un pitch inferior a 4 mm, de peso liviano, adecuado para procesar líquidos de viscosidad media con una velocidad de goteo en el rango de los kHz.

20 **[0003]** Los cabezales de impresión en base a tecnología de válvulas como los descritos en U. S. 5.119.110 o en U. S. 5.356.034 también son adecuados con respecto a la frecuencia de operación. En contraste con los cabezales de impresión que trabajan de acuerdo con el principio de desplazamiento de fluido, presentan la ventaja de que las altas energías requeridas para la descarga de fluidos viscosos son provistas por una fuente de presión. No obstante, debido a las mayores viscosidades de fluido también se requieren mayores energías de conmutación para conmutar el flujo del fluido, como se puede lograr con los conocidos cabezales de impresión electromagnéticos (U. S. 5.356.034) o piezoeléctricos (U. S. 2009/0115816) del tipo de tecnología de válvulas, en orden de cumplir los requisitos de acuerdo con la invención en lo que respecta a propiedades del fluido, pitch, frecuencia de goteo y peso de gotas. El documento US 4.723.131 da a conocer un cabezal de impresión del tipo válvula que comprende válvulas de diafragma accionadas neumáticamente. El control neumático es proporcionado por válvulas solenoides de aire a través de tubos conectados a las válvulas de diafragma. Los tiempos de reacción lentos resultan de la combinación de válvulas solenoides de aire con la tubería requerida, lo que restringe a los cabezales de impresión a frecuencias de disparo en el rango por debajo de los 100 Hz. Los pequeños tiempos de reacción además requieren que la presión de alimentación sea inferior a 1 bar, a fin de lograr volúmenes de gotas lo suficientemente pequeños. El tamaño y peso de las válvulas solenoides de aire y tuberías también los hacen inadecuados para el uso en dispositivos de impresión móviles. Por lo tanto, se requieren nuevos conceptos para lograr altas frecuencias de goteo en el rango de los kHz, permitir presiones de alimentación como mínimo de 5 bar y, al mismo tiempo, reducir de manera significativa el peso y tamaño.

30 **[0004]** La invención resuelve los problemas de innovación mencionados utilizando un cabezal de impresión de acuerdo con la reivindicación 1.

35 **[0005]** Además, la invención da a conocer un método para imprimir, dosificar o dispensar fluidos con un cabezal de impresión 1 con múltiples canales eléctricamente direccionables, cada canal convierte una señal eléctrica de control en una presión de control neumática p_c de mayor energía usando un microcircuito electroneumático, la presión de control acciona un diafragma de un eyector de fluido de modo que, como consecuencia del resultante desplazamiento de fluido o de la resultante liberación de una abertura de válvula, se efectúa una descarga de fluido.

40 **[0006]** La invención da a conocer dispositivos y métodos para imprimir, dispensar o dosificar emulsiones, dispersiones o fluidos de una o varias fases, con o sin contenido de sólidos, con una viscosidad de hasta un rango de 1 Pas, por medio de un cabezal de impresión 1 de tamaño pequeño y bajo peso, con distancia de boquilla de fluido en el orden desde las décimas de milímetros a milímetros, con una velocidad de goteo de hasta un rango de kHz, con tamaños de gotas variables en el rango desde el picolitro hasta el microlitro.

45 **[0007]** La invención da a conocer dispositivos y métodos para imprimir, dispensar o dosificar por medio de un cabezal de impresión con una pluralidad de canales, que contienen un microcircuito electroneumático, que se utiliza para controlar uno o varios eyectores de fluido accionados neumáticamente.

50 **[0008]** La invención da a conocer dispositivos y métodos para imprimir, dispensar o dosificar por medio de un cabezal de impresión 1 con una pluralidad de canales, que contienen un microcircuito electroneumático con medios para convertir una señal eléctrica de control de baja energía en una señal neumática de control de mayor energía.

5 **[0009]** La invención además da a conocer dispositivos y métodos para convertir una señal eléctrica de control en una señal neumática de control, utilizando transductores electroneumáticos, preferentemente usando válvulas neumáticas piezoeléctricas o magnéticas, de mayor preferencia utilizando microválvulas 18, y utilizando otros elementos neumáticos que brinden restricción de fluido.

10 **[0010]** La invención además da a conocer dispositivos y métodos para imprimir, dispensar o dosificar por medio de un cabezal de impresión 1 con una pluralidad de canales, que incluyen un eyector de fluido 4, que opera según el principio de desplazamiento o según el principio de válvula.

15 **[0011]** La invención además da a conocer dispositivos y métodos para imprimir, dispensar o dosificar por medio de un cabezal de impresión 1 que contiene estructuras con características del mismo tipo de los eyectores de múltiples canales.

20 **[0012]** La invención además da a conocer dispositivos y métodos para imprimir, dispensar o dosificar por medio de un cabezal de impresión 1 que contiene estructuras con características de los circuitos electroneumáticos de múltiples canales.

25 **[0013]** La invención también da a conocer dispositivos y métodos para imprimir, dispensar o dosificar por medio de un cabezal de impresión 1 con un diafragma 8, que se extiende por uno o varios canales, transmite la energía neumática hacia los correspondientes eyectores, empuja y presiona hacia una abertura para evitar que el fluido pase a través de la abertura o se desplace el fluido, como resultado emite al fluido a través de una o más salidas de fluido correspondientes o se desplaza el fluido emitiéndolo a través de una salida de fluido hasta que el diafragma 8 está en contacto con la salida de fluido asociada, la cierra y, con esto, interrumpe abruptamente el flujo de fluido, separando al fluido que ya está siendo descargado.

30 **[0014]** La invención también da a conocer dispositivos y métodos para cambiar rápidamente una parte que transporta fluido por otra nueva o configurada de manera diferente.

35 **[0015]** La invención también da a conocer dispositivos y métodos para integrar la electrónica de control como la que se usa para accionar los transductores electroneumáticos en particular, de modo que la electrónica de control sea purgada por aire, descargando así calor de la electrónica de control.

Aplicabilidad industrial

40 **[0016]** Con el cabezal de impresión de la invención se pueden dosificar o imprimir una variedad de fluidos en una diversidad de aplicaciones. Dentro del alcance de la invención, el fluido es llamado líquido, que fluye libremente o bajo presión, contiene una o varias fases y tiene un perfil de viscosidad que, en su curva característica de viscosidad y esfuerzo cortante comprende al menos en parte valores por debajo de 1 Pas. En particular, son procesables los fluidos con propiedades tixotrópicas o pseudoplásticas. Un fluido multifase puede ser un fluido con partículas insolubles, gotas fluidas o burbujas de aire incorporadas en el líquido. La siguiente lista está concebida solamente para mostrar ejemplos de usos y fluidos procesables: impresión de soluciones acuosas, tintas, colores (impresión de pintura para muros, pinturas látex, pinturas minerales, pinturas artísticas), barnices, yeso (impresión de yeso, estuco), polímeros líquidos, polímeros líquidos endurecibles con radiación UV (ejemplo: prototipado rápido), ceras, adhesivos y resinas, rellenos o sin rellenar, grasas, aceites, en principio impresión de todo tipo de fluidos que se usen dentro del campo de la tecnología de impresión, como tintas para impresión y colores, líquidos parcialmente reticulados, sustancias de alta viscosidad o fluidos corporales (sangre, esputos), fluidos de producción de alimentos, reactivos o analitos de los campos médico, biomédico y biológico, incluso líquidos, que generen espumas antes, durante y después de la aplicación. Un fluido también se puede comprender como un gas que se puede dosificar con los dispositivos y métodos de la invención en alto volumen y alta frecuencia.

55 **[0017]** Un uso preferente del cabezal de impresión de la invención, según la reivindicación 1, es el uso como cabezal de impresión para imprimir líquidos cargados de partículas, con un tamaño de partícula de hasta un rango de décimas de milímetros. Preferentemente, el cabezal de impresión se puede utilizar para crear un recubrimiento de pintura o un gráfico en una pared imprimiendo pintura para muros o pintura de dispersión, de manera especialmente preferente utilizando una impresora portátil de mano que requiera un cabezal de impresión potente de bajo peso. O para imprimir pastas (por ejemplo: pastas conductivas, aislantes o resistivas) en tecnología de capa gruesa, o geles (geles de vidrio o similares), o alimentos.

60 **[0018]** Otro uso preferido del cabezal de impresión de la invención es producir estructuras tridimensionales, por ejemplo, para su uso en prototipado rápido o para pintar caracteres Braille.

Breve descripción de las ilustraciones

[0019] A continuación se describen en detalle varias realizaciones ejemplares de los dispositivos y métodos de esta invención, con referencia a las ilustraciones adjuntas.

La fig. 1 muestra dispositivos y métodos de acuerdo con la invención para imprimir, dispensar o dosificar por medio de un cabezal de impresión 1.

La fig. 2 muestra con mayor detalle dispositivos y métodos de acuerdo con la invención para imprimir, dispensar o dosificar por medio de un cabezal de impresión 1.

La fig. 3 muestra realizaciones de un microcircuito neumático de acuerdo con la invención.

La fig. 4 muestra realizaciones de la invención de un eyector que opera de acuerdo con el principio de válvula.

La fig. 5 muestra realizaciones de acuerdo con la invención que operan como eyector de desplazamiento de fluido.

La fig. 6 muestra realizaciones de un eyector, de acuerdo con la invención, que opera de acuerdo con el principio de válvula.

La fig. 7 muestra realizaciones preferidas de un cabezal de impresión 1 de acuerdo con la invención.

La fig. 8 muestra realizaciones preferentes de un cabezal de impresión compuesto de placas estampadas, cada una de las cuales contiene estructuras similares de los canales del cabezal de impresión.

La fig. 9 muestra realizaciones preferidas de un dispositivo de acuerdo con la invención para evitar el secado de las salidas de fluido.

La fig. 10 muestra una realización preferida de un cabezal de impresión de acuerdo con la invención compuesta de placas estampadas.

Descripción detallada de la invención:

[0020] La fig. 1 muestra un diagrama de bloque de los dispositivos y métodos de la invención para un canal del cabezal de impresión 1. En general, por cabezal de impresión se debe comprender un dispositivo utilizado para aplicar fluido sin contacto sobre superficies de cualquier tipo, de manera continua o intermitente, por medio de canales regularmente espaciados, controlables electrónicamente de forma individual. De acuerdo con la nomenclatura aquí utilizada, un canal es la mínima unidad direccionable del cabezal de impresión electrónico 1. Un canal puede tener incluso múltiples salidas de fluido. Un "cabezal de impresión" puede también comprender aplicaciones de fluido sin contacto, como aplicaciones de dosificación general y control de fluidos, que no se asocian con una liberación directa de fluidos.

[0021] Los dispositivos y métodos de acuerdo con la invención convierten para cada canal una señal eléctrica de control de baja energía por medio de un microcircuito electroneumático en una señal neumática de control p_c de mayor energía (fig. 1). La energía adicional proviene de una o más fuentes de presión p_1, p_2, \dots a las que en adelante se hace referencia como niveles de presión. Un microcircuito electroneumático 2 se comprende como una red de microelementos electroneumáticos. Los mismos pueden ser, por ejemplo, convertidores electroneumáticos, transductores neumático-mecánicos, estranguladores neumáticos, volúmenes muertos, tubos y cavidades.

[0022] La señal de control neumática p_c de cada canal se usa para actuar como mínimo un eyector de fluido neumáticamente controlado. Un eyector de fluido neumáticamente controlado 4 se comprende como un dispositivo que, respondiendo a una presión neumática de control aplicada a un diafragma, eyecta fluido de una o más salidas de fluido. Un diafragma también puede representar otros actuadores neumáticos adecuados, como una placa flexible, una membrana o placa con una suspensión, un pistón móvil, un fuelle o parte inflable, un ducto o línea de fluido de otra forma en sección transversal (rectangular, oval...).

[0023] La fig. 2 muestra en detalle los dispositivos y métodos de acuerdo con la invención con respecto al microcircuito electroneumático y un eyector de fluido accionado neumáticamente de un canal electrónicamente direccionable n.

[0024] Un microcircuito electroneumático 2 contiene entre un primer nivel de presión p_1 y un segundo nivel de presión p_2 un circuito en serie de un primer elemento neumático, que es una microválvula 18, y un segundo elemento neumático, que es un estrangulador 23, de modo que en el nodo neumático común 5 se genera una señal de control neumática o brevemente una presión de control p_c , que se conecta neumáticamente al diafragma de al menos un eyector de fluido.

[0025] Respecto del uso de la palabra "neumático", nótese que, en vez de aire como agente de presión, se puede utilizar cualquier tipo de gas o incluso un fluido hidráulico. La denominación "microneumático" en esta invención no se deberán considerar una limitación al uso del aire como agente de presión.

[0026] El eyector de fluido de acuerdo con la invención es la parte del cabezal de impresión 1 que genera una descarga de fluido en base al principio de goteo por demanda. Comprende como mínimo una entrada de fluido y una salida de fluido. Un eyector de fluido controlado neumáticamente es un eyector de fluido que es operado por un diafragma con la ayuda de energía neumática, aquí mediante la presión de control p_c .

[0027] Un cabezal de impresión de acuerdo con la invención puede funcionar de acuerdo con el principio de desplazamiento de fluido, es decir, los eyectores 4 son una especie de medios de desplazamiento de fluido accionados por una presión de control p_c . De acuerdo con el principio de desplazamiento, el movimiento o deformación mecánica de un diafragma se transfiere al fluido en una cavidad reduciendo el volumen de la cavidad llena de fluido, resultando en una descarga de fluido a través de la salida de fluido 6. Además, un cabezal de impresión de acuerdo con la invención puede funcionar de acuerdo con el principio de válvula, es decir, los eyectores funcionan de acuerdo con el principio de válvula y los diafragmas 8 actúan como diafragma de válvula.

[0028] En la fig. 3 se resumen realizaciones de microcircuitos electroneumáticos para un solo canal. Cada uno comprende el puerto de presión de control neumática en la parte inferior, que proporciona la presión de control p_c , la que se usa para accionar los eyectores de fluido.

[0029] El microcircuito electroneumático contiene entre dos niveles de presión p_1 y p_2 un circuito en serie de un elemento neumático Z_1 y un elemento neumático Z_2 , en cuyo nodo neumático común 5, una presión de control transitoria p_c que comprende como mínimo dos estados se genera en una cavidad para operar los eyectores de fluido. Las fuentes de presión pueden estar virtualmente concebidas como bombas, compresores o bombas de vacío (Pabs < 1 bar). También en el contexto de la invención, una abertura al ambiente se debe interpretar como una fuente de presión con presión ambiente ($p = p_u$).

[0030] De acuerdo con la invención, como mínimo uno de los dos elementos neumáticos Z_1 o Z_2 contiene un transductor electroneumático, como una válvula neumática controlada eléctricamente. Esta puede funcionar de acuerdo con cualquier principio de transductor, es decir, piezoeléctrico, electromagnético, electroneumático, electrostático o electrostrictivo y tiene un tiempo de respuesta breve $T \ll 1$ ms y un pequeño volumen muerto. Son preferiblemente aptas válvulas que funcionen de acuerdo con el principio piezoeléctrico que, debido a la amplificación electroneumática del microcircuito electroneumático, pueden ser de tamaño extrapequeño. Así, en lo sucesivo, siempre se utiliza el término "microválvula" 18.

[0031] De acuerdo con la invención, como mínimo uno de los elementos neumáticos Z_1 o Z_2 contiene una microválvula V_1 y el otro elemento es o una microválvula neumática V_2 o un estrangulador neumático 23. En este último caso, la microválvula V_1 es la única válvula por canal. Los estranguladores neumáticos se caracterizan por su efecto disipador y tienen una resistencia al flujo lineal o no lineal, que genera una caída de presión en el caso del flujo de un fluido. Ejemplos de estrangulador neumático son un tubo capilar 23, una abertura, una redirección de fluido o un cambio de sección transversal. Nótese, además, que un elemento neumático Z_1 o Z_2 puede no ser solo un estrangulador neumático o microválvula 18, sino que también puede contener combinaciones de los mismos, incluso otro circuito neumático.

[0032] De acuerdo con la invención, el eyector 4 se conecta neumáticamente con el nodo 5 entre Z_1 y Z_2 , en donde, dependiendo de la posición de válvula de la microválvula 18, la presión de control p_c se fija según se requiera para controlar al eyector de fluido. El nodo neumático 5 incluye ductos y cavidades que se extienden a las áreas activas de los elementos neumáticos Z_1 y Z_2 y al lado neumático del eyector de fluido y, por consiguiente, tiene un volumen V_K . A esto se le debe agregar además un volumen V_E , el volumen de desplazamiento del eyector. Debido a la compresibilidad del aire, el volumen $V_K + V_E$ es una conformidad neumática. Esto limita la velocidad de cambio de estado de la presión de control. Para dimensionar los volúmenes $V_K + V_E$ se pueden calcular las constantes de tiempo de una operación de conmutación, con respecto a la configuración del microcircuito neumático y el eyector de fluido (ver más abajo), aproximadamente a

$$T_1 = R * p_0 / (V_K + V_E) \quad (1)$$

en donde R, dependiendo de la operación de conmutación considerada, equivale o bien a la resistencia al flujo de una microválvula abierta 18 en Z_1 o Z_2 , o bien a la resistencia al flujo del estrangulador neumático 23. Para posibilitar un arranque limpio del fluido en el eyector 4, el cambio de la presión de control debe ser altamente dinámico. De acuerdo con la invención, los elementos de un microcircuito electroneumático se dimensionan de modo que la constante de tiempo para un cambio de estado de la señal de control neumática p_c sea preferentemente en el rango de 1 microsegundo a 1 ms, de manera especialmente preferente en el rango entre 1 microsegundo y 100 microsegundos. Las demandas de una alta frecuencia operativa, bajo peso y tamaño pequeño, requieren el uso de microválvulas 18 que, por otra parte, solo comprenden un recorrido de válvula de aproximadamente 0,05 mm. En consecuencia, la resistencia al flujo de la microválvula abierta 18 es de magnitud relevante, de modo que, de acuerdo con la ecuación (1), se puede lograr una constante de tiempo lo suficientemente pequeña solo si se hace una miniaturización del volumen V_K y V_E .

[0033] Para obtener una activación efectiva del eyector de fluido accionado neumáticamente, se procura una gran diferencia entre los niveles de presión resultantes de la presión de control. Además se procura mantener el consumo de aire a través de la microválvula neumática abierta 18 y el estrangulador neumático. Para ambos propósitos se sugiere escoger la resistencia al flujo del estrangulador neumático 23 R_D de manera significativa, por ejemplo, 10

veces mayor que la resistencia al flujo de la microválvula abierta R_v . No obstante, este dimensionado tiene la desventaja de que la constante de tiempo de acuerdo con la ecuación (1) para la caída de la presión de control en el estrangulador neumático 23 tras cerrar la microválvula 18 se eleva, lo que otra vez es (dependiendo de la configuración del eyector, ver más abajo) desventajoso para una descarga limpia del fluido o para un arranque limpio del fluido. De acuerdo con la ecuación (1) queda solo la reducción del volumen V_K y V_E para conseguir tiempos de respuesta cortos. De acuerdo con la invención, los elementos del microcircuito neumático son estructuras y/o componentes miniaturizados, en particular en el caso de una miniaturización del volumen V_K y V_E . Pero la miniaturización se ve limitada por el hecho de que la resistencia al flujo de los ductos neumáticos comparada, por ejemplo, con la de un estrangulador neumático, no es más insignificante en la fase de dimensionado. En este punto, un enfoque discreto en el que, por ejemplo, los estranguladores neumáticos son tratados como elementos neumáticos discretos Z_2 , se deberá cambiar en favor de un modelo continuo. Por consiguiente, de acuerdo con la invención, los elementos neumáticos Z_1 y Z_2 no están limitados a componentes neumáticos discretos, sino que más bien se deben considerar parte de un dispositivo con un efecto neumático, como un efecto de estrangulador neumático entre un primer punto y un segundo punto en la geometría, en el caso del elemento neumático Z_2 , entre el punto en el que la presión de control se fija y el punto en el que la presión p_2 se aplica.

[0034] Como se ilustra en los ejemplos de la fig. 3, la microválvula accionada eléctricamente 18 de manera preferente se realiza como válvula piezoeléctrica con un transductor de flexión piezoeléctrico. Las realizaciones incluyen cada una un transductor de flexión piezoeléctrico en configuración monomórfica que, por ejemplo, es un laminado de un transductor piezoeléctrico en modo de operación d_{31} , y un sustrato hecho de un material no piezoeléctrico en una forma elongada, de modo que el extremo libremente móvil, cuando se carga el elemento piezoeléctrico con un voltaje eléctrico, se desvía en la dirección perpendicular hacia el lado del sustrato en el que está ubicado el elemento piezoeléctrico. Un transductor monomórfico adecuado tiene, por ejemplo, un espesor total de menos de 0,5 mm, una longitud libre de 5 a 10 mm con una anchura de bastante menos de un milímetro. El extremo libre del actuador piezoeléctrico cubre la abertura de la válvula 9, alrededor de la cual está dispuesta la superficie de sellado, llamada aquí un asiento de válvula. Las configuraciones en las fig. 3-A y 3-B contienen una primera impedancia neumática Z_1 en la forma de la microválvula piezoeléctrica monomórfica 18 descrita y una segunda impedancia neumática en la forma de un tubo capilar Z_2 .

[0035] Las siguientes consideraciones detalladas asumen que el microcircuito electroneumático se alimenta con dos fuentes de presión, con $p_1 > p_2$. De acuerdo con esto, la presión de control p_c solo puede adoptar valores entre p_1 y p_2 . La microválvula piezoeléctrica 18 está ubicada en una cavidad que, dependiendo del modo de operación del microcircuito electroneumático, es alimentada por una presión p_1 o p_2 . El tubo capilar 23 está conectado en un lado a la microválvula 18 y el puerto de presión de control y, en el otro lado, con la fuente de presión restante, p_2 o p_1 .

[0036] La fig. 3-A muestra los dos modos de operación de un microactuador electroneumático de acuerdo con la invención en el que una válvula piezoeléctrica se configura como normalmente cerrada, es decir, que en la condición sin accionamiento eléctrico la válvula está cerrada. En el modo de operación 1 en la fig. 3-A, la presión mayor P_1 se aplica a la microválvula 18. Esta está cerrada y genera toda la caída de presión $p_1 - p_2$. Así, la salida de presión equivale a $p_c = p_2$. Cuando es accionada eléctricamente, la válvula se abre y genera la caída de presión, según se describe arriba, en el tubo capilar 23, de allí $p_c = A * (p_1 - p_2)$. Así, el microcircuito electroneumático tiene un comportamiento no inversor, es decir, un voltaje de control eléctrico resulta en un incremento de la presión de control. El modo de operación 1 de la fig. 3-A se usa preferentemente en conexión con un eyector de fluido 4, de acuerdo con el principio de desplazamiento de fluido.

[0037] En el modo de operación 2 en la fig. 3-A, las fuentes de presión están reversadas y, además, la válvula piezoeléctrica está precargada de una manera que su extremo libre está presionado en el asiento de válvula con una fuerza F y, por consiguiente, solo se abre por encima de una presión p_g así definida. Durante el accionamiento eléctrico de la válvula, la microválvula 18 actúa conjuntamente con la presión p_g contra la fuerza de precarga F para abrir la válvula. Así, en el estado no accionado, la presión de control equivale a $p_c = p_g$, en el estado accionado la presión cae cerca de p_2 . Así, el microcircuito electroneumático exhibe un comportamiento inversor. El modo de operación 2 en la fig. 3-A, por ejemplo, se usa preferentemente en combinación con un eyector de fluido 4 que funcione de acuerdo con el principio de válvula, puesto que en el estado no accionado eléctricamente, por ejemplo, el diafragma de válvula 8 de la válvula de fluido, es presionado contra el orificio de fluido por una presión equivalente a $p_g - p_{FI}$.

[0038] La fig. 3-B muestra los dos modos de operación de un microactuador electroneumático, de acuerdo con la invención, en el que una válvula piezoeléctrica está configurada como normalmente abierta. Teniendo consideraciones análogas como en los casos de la fig. 3-A, obtenemos el siguiente resultado.

[0039] En el modo de operación 1 en la fig. 3-B, el microcircuito electroneumático tiene un comportamiento inversor, en el modo de operación 2 en la fig. 3-B, el microcircuito electroneumático tiene un comportamiento no inversor. De acuerdo con esto, también las diversas posibilidades de combinaciones con los diferentes eyectores resultan análogas.

[0040] Los microcircuitos eléctricos como se muestran en las fig. 3-A y 3-B se caracterizan por el hecho de que en la posición de estado abierto de la microválvula 18 resulta un consumo de aire estacionario, que es predominantemente determinado por la resistencia al flujo del tubo capilar 23. Si se dimensiona adecuadamente, en particular por miniaturización del tubo capilar 23, se puede ajustar un bajo consumo de aire (estrangulamiento). No obstante, esto significa que la correspondiente constante de tiempo para levantar presión o para caída de presión de p_c (dependiendo de la configuración) en el tubo capilar 23 es grande y que aumentan los requisitos de estanqueidad a los derrames de la microválvula 18. Los microcircuitos electroneumáticos, además, tienen en común que siempre el lado de la microválvula 18 se conecta al nodo 5 (que conecta Z_1 y Z_2 y donde la presión de control p_c se fija), que contiene la abertura de válvula o que, en otras palabras, tiene el menor volumen muerto.

[0041] En la fig. 3-C se muestra un microcircuito electroneumático 2, que no presenta consumo de aire estacionario, y comprende una segunda microválvula 18 en vez del estrangulador neumático Z_2 . Si las dos microválvulas 18 se configuran de manera similar (normalmente abiertas o normalmente cerradas, no mostradas aquí), el microcircuito electroneumático se opera de modo que se impulsan inversamente una respecto de la otra. Hay ventajas en un modo de operación que utilice dos microválvulas 18 en vez de una sola: en primer lugar, los niveles de presión de control son directamente similares a los niveles de presión p_1 y p_2 , con apenas una leve desviación. En segundo lugar, los tiempos de conmutación neumática de ambos procesos de conmutación son mínimos. La desventaja son los mayores costes de fabricación y el requisito de espacio. En la fig. 3-C, una válvula está configurada como válvula normalmente abierta y la otra como válvula normalmente cerrada. De este modo, se puede evitar que una válvula piezoeléctrica se deba mantener permanentemente en el estado accionado, es decir, tensionado.

[0042] En la fig. 4 se muestran realizaciones de un eyector de fluido 4 que funciona de acuerdo con el principio de válvula. Se debe notar que la invención no se limita a las realizaciones ilustradas, que solo constituyen ejemplos de posibles realizaciones, puesto que no es esencial en la presente invención de qué naturaleza sea el eyector 4 y, en particular, el elemento de operación del eyector, en la medida en que su diseño estructural exhiba el efecto de válvula neumáticamente controlada con tiempo de respuesta lo suficientemente breve y pasaje de fluido lo suficientemente alto.

[0043] El principio de válvula es básicamente un principio de funcionamiento continuo, que se puede adaptar para producir chorros de fluido estacionarios. Una operación de impresión de goteo por demanda se logra utilizando tiempos de válvula abierta muy breves (del orden de los microsegundos a milisegundos), mientras que se logran volúmenes de dispensación variables utilizando tiempos de válvula abierta variables.

[0044] La fig. 4-A muestra una válvula de diafragma como realización de un eyector de fluido 4. Un elemento de accionamiento en forma de un diafragma 8, que está presurizado en un lado por la presión de control p_c , se pone en contacto con una superficie sellante 10, cuando la presión de control p_c excede la presión del fluido p_{FI} , entonces se cierra una abertura de válvula 9, que está conectada a la salida de fluido 6 (fig. 4-A, izquierda). Al contrario, si la presión de control p_c es menor a la presión del fluido, entonces la presión del fluido levanta el diafragma 8 de la superficie sellante 10 y el fluido fluye a través de la abertura de válvula 9 y se descarga del eyector 4. Una válvula de diafragma ofrece una gran hermeticidad frente a derrames debido a la flexibilidad del diafragma, alta velocidad de operación gracias a la masa muy pequeña del diafragma y la ventaja de una fabricación sencilla. En el campo de esta invención, el uso del término "diafragma" no se debe limitar a la definición estricta como se usa en el campo de la resistencia de los materiales, puesto que un diafragma solo es capaz de transmitir esfuerzos tensiles. En cambio, en este documento el término también se debe extender al caso de la "placa", que es capaz de transmitir momentos flectores, lo que significa que un diafragma se puede hacer de un material más sólido o puede tener espesores, lo que usualmente cabe dentro de la definición de una "placa". Con respecto al material del diafragma, tampoco debe haber restricciones en el campo de esta invención, materiales aptos son, por ejemplo, metales, vidrio delgado, silicona, SiN, termoplásticos (como PTFE, E/TFE, PFA, PVC, ABS, SAN, PP, PA, POM, PPO, PSU, PEBA, PEEK, PEI, designaciones de acuerdo con ISO 1043.1), elastómeros termoplásticos (TPE), elastómeros (como NBR, HNBR, CR, XNBR, ACM, AEM, MQ, VMQ, PVMQ, PMQ, FVMQ, FKM, FFKM, AU, EU, ECO, CSM, NR, IR, BR, SBR, EPDM, EPM, IIR, CIIR, BIIR, TPE, descripciones de acuerdo con ISO 1629), poliamidas, cauchos y vulcanizados, caucho natural/sintético, productos termoendurecibles (como UP, PF, UF, UP-GF, descripciones de acuerdo con ISO 1043.1), todos los polímeros, incluso polímeros rellenos o reforzados con fibra.

[0045] En una variante del cabezal de impresión de acuerdo con la invención, los eyectores 4 son válvulas de diafragma doble, accionadas por la presión de control p_c . La fig. 4-A muestra una válvula de diafragma doble como otra realización de un eyector de fluido 4. En vez de utilizar un diafragma simple 8 como se muestra en la fig. 4-A, que combina las funciones de accionamiento de válvula y sellado, esas funciones se realizan aquí por separado. Un primer diafragma 8 con un área A_1 es sometido a presión estática, que se transmite a través de un elemento de acoplamiento 12 hacia un elemento sellante, que sella la válvula. El fluido hace contacto con un segundo diafragma 8, con un área A_2 , y estando conectado a un elemento de acoplamiento y a un elemento sellante 11. El elemento de acoplamiento puede estar realizado suelto como un inserto, por ejemplo, como un cilindro o una esfera insertada, o puede estar realizado como un compuesto junto con el primer diafragma 8 y/o el segundo diafragma 8. Además, el primer diafragma, el elemento de acoplamiento, el segundo diafragma 8 y el elemento de sellado pueden ser una sola

estructura coherente, por ejemplo, realizada en un material elastómero. Con $A_2 < A_1$ se pueden lograr suficiente fuerza axial y presión superficial para sellar la abertura de la válvula con presiones de control $p_{c1} < p_{FI}$. La válvula de diafragma doble, como se representa en un ejemplo, tiene dos puertos para presiones de control, que se pueden alimentar en diferentes combinaciones, por lo que, no obstante, tiene sentido mantener una de las dos presiones p_{c1} y p_{c2} constante y accionar la otra por medio del microcircuito electroneumático.

[0046] Por ejemplo, p_{c1} es alimentada por una presión estática $p_{st} = p_{FI}$, mientras que la presión de control del microcircuito electroneumático se conecta a p_{c2} . Cuando p_{c2} se incrementa, la válvula de fluido se abre como resultado de la presión de fluido efectiva p_{FI} , incluso antes de que la presión p_{c2} alcance el nivel de la presión p_{FI} del fluido. Al contrario, p_{c1} también se puede alimentar con la presión de control proporcionada por el microcircuito neumático, mientras que p_{c2} se mantiene constante a presión atmosférica, por ejemplo.

[0047] La fig. 4-C muestra una válvula de un solo diafragma que comprende un acoplamiento mecánico y un dispositivo sellante como otra realización de un eyector de fluido accionado por diafragma 4. Una barra 12, sellada por un sello radial, transfiere el movimiento del diafragma hacia un sello de válvula 11. El accionamiento se logra usando los puertos p_{c1} y p_{c2} , aplicando una combinación adecuada de una presión estática y una presión de control.

[0048] Otras realizaciones de una válvula de fluido accionada neumáticamente, que no se presentan aquí, pueden consistir en todos tipos y formas de elementos de accionamiento mecánico, elementos sellantes o de mecánica de traslación, como elementos de inclinación y apalancamiento, tubos, balones o fuelles deformables neumáticamente, o pistones accionados neumáticamente para lograr un efecto de cierre y apertura en la abertura de válvula 9.

[0049] Para explicar los dispositivos y métodos de acuerdo con la invención en la fig. 5 hay ilustradas diferentes realizaciones ejemplares de eyectores de fluidos accionados neumáticamente, que operan de acuerdo con el principio de desplazamiento de fluido. Se utilizan preferentemente en aplicaciones dispensadoras de chorro libre. Las realizaciones se ilustran cada una para los estados de succión y eyección, que son los estados característicos del principio de desplazamiento de fluidos.

[0050] La fig. 5-A ilustra el principio básico de funcionamiento de un desplazador de fluido accionado neumáticamente para generar una eyección de fluido. El fluido deberá estar disponible en la entrada de fluido 7 con una presión p_{FI} , que está en la magnitud de la presión ambiente p_u . Durante la fase de succión, la presión de control p_c es menor que la presión del fluido p_{FI} . En el caso de un diafragma idealmente flexible 8, la presión de control se transfiere sin pérdidas hacia el fluido ubicado en la cavidad del eyector 17, de modo que la válvula esférica 13, por ejemplo, cuya esfera es mantenida en posición por un muelle de válvula 14, se abre para permitir que el fluido entre en la cavidad del eyector. Al conmutar la presión de control a $p_c > p_{FI}$, la válvula de entrada 15 cambia al estado cerrado, mientras que la válvula de salida de fluido se abre y el fluido es expulsado. Para obtener una salida de fluido limpia y un arranque limpio del fluido, se necesita un cambio rápido entre los dos estados de la presión de control, lo que, de acuerdo con la invención, se logra utilizando un microcircuito electroneumático.

[0051] La descarga de fluido (fig. 5-B) se logra, de acuerdo con la invención, con un pulso altamente transitorio de la presión de control p_c . Este se transmite por el diafragma 8 para presurizar al fluido en la cavidad del eyector 17. La presión del fluido entonces se libera con una eyección de fluido a través de la salida de fluido 6 y a través de un flujo de retorno del fluido hacia la alimentación de fluido 7. El pulso de la presión de control es seguido por una rápida caída de la presión de control a su nivel menor que, en el mejor de los casos, es por debajo de la presión del fluido p_{FI} (realización en la fig. 5-B). Con la caída de presión en la cavidad del eyector por debajo de p_{FI} , se entrega fluido a través de la abertura de entrada hacia la cavidad del eyector 17. La subpresión dentro de la cavidad del eyector 17 simultáneamente actúa en la salida de fluido. Solo las fuerzas capilares del menisco en el orificio de la salida de fluido 6 permiten la formación de un vacío dentro de la cavidad del eyector y evitan que se succione aire a través de la salida de fluido durante esta fase. Las fuerzas capilares en los tubos son mayores cuanto menor sea el diámetro. Se reducen cuadráticamente con un mayor diámetro, de modo que el principio del chorro de tinta solo se usa en la impresión digital de alta resolución y en nichos en los que se utilizan mínimas salidas de fluido 6 (boquilla) para imprimir fluidos de baja viscosidad.

[0052] En la fig. 45-C se ilustra, como ejemplo, el caso de uso de un diafragma más rígido 8 con fuerza restauradora mayor que la del caso de la fig. 5-B. En este caso, la fuerza restauradora del diafragma 8 se usa predominantemente para succionar el fluido hacia la cavidad del eyector 17 durante la fase de succión. Por lo tanto, el menor nivel de presión de control no necesita ser una subpresión, como en el ejemplo de la fig. 5-B.

[0053] Los eyectores, de acuerdo con la invención, que funcionen de acuerdo con el principio de desplazamiento de fluido, se pueden accionar de manera ventajosa con una configuración del microcircuito electroneumático como en la fig. 3-A, modo de operación 1. Utilizando esta configuración, debido a la apertura rápida de la válvula piezoeléctrica normalmente cerrada, como resultado de la señal eléctrica de control, se pueden realizar cambios rápidos de presión de control en el rango de los microsegundos, lo que favorece una descarga del fluido. Durante la fase de succión es deseable una caída de presión lenta dentro de la cavidad del eyector 17 para asegurar que la presión no caiga por

debajo de la presión capilar en la salida del fluido y, como consecuencia, se succiona aire a través de la salida de fluido 6 hacia la cavidad del eyector, en vez de fluir a través del suministro de fluido 7. Una caída lenta de presión en la cavidad del eyector se logra concibiendo el microcircuito electroneumático de manera que la constante de tiempo para el descenso de la presión de control sea mayor que la constante de tiempo para el incremento de la presión de control. Esto se puede lograr en la concepción del microcircuito electroneumático como en la fig. 3, modo de operación 1, diseñando el tubo capilar 23 con $R_K > R_V$.

[0054] En la fig. 5-D se muestran otras dos realizaciones ventajosas de la fig. 5-B, que también se pueden realizar individualmente. En primer lugar, el diafragma 8 tiene dos topes de encaje positivo, de modo que el volumen de fluido expulsado de la cavidad del eyector está exactamente definido por la geometría. En segundo lugar, el diafragma 8, cuando entra en contacto con la superficie inferior, cierra la salida de fluido 8 y, de este modo, provoca un arranque abrupto del fluido en la salida de fluido.

[0055] Como se muestra en la fig. 6, más de un eyector 4 puede ser accionado principalmente por la presión de control p_c de un solo canal, por consiguiente, cada canal puede contener más de un eyector 4 (fig. 6-A). En el caso de dos eyectores, estos pueden manejar el mismo fluido o diferentes fluidos, o un fluido y un gas, descargándolos por separado o mezclados internamente o mezclados externamente.

[0056] También, varios canales controlables eléctricamente de modo independiente pueden controlar un eyector cada uno y las salidas de ellos se podrían combinar de manera adecuada para la producción de una mezcla.

[0057] Un cabezal de impresión de acuerdo con la invención, por ejemplo, puede contener un primer eyector que controle un fluido, un segundo eyector que controle el aire de atomización, siendo dichos eyectores conjuntamente accionados por una presión de control de un solo canal o siendo accionados por presiones de control de dos canales por separado, y siendo las salidas de fluido del primer y segundo eyectores combinadas para que el fluido sea atomizado por el aire. Las salidas de fluido se pueden combinar dentro del cabezal de impresión (no mostrado aquí) o de una manera que la atomización del fluido se realice por fuera del cabezal de impresión, como se muestra en la fig. 6-B como una realización. La presión de control de un solo canal se alimenta hacia una cavidad encima de la capa de diafragma, como se ve a la izquierda en el ejemplo de la fig. 6-B. Al ser accionado eléctricamente (baja p_c) se abren la válvula de fluido y la válvula de aire de atomización, de modo que el aire de atomización y el fluido se descargan a través de sus respectivas salidas de fluido. La salida de fluido 6 para el aire de atomización puede estar, por ejemplo, dispuesta como una boquilla anular 6 concéntrica alrededor de la salida de fluido 6, resultando en una atomización de fluido por fuera del cabezal de impresión. En el caso más simple, una atomización también se puede lograr cruzando chorros de fluido y aire por fuera del cabezal de impresión. En principio, la atomización de fluido requiere de ductos para aire de atomización, que se conciben de manera que sea posible una atomización interna o externa del fluido por el aire de atomización. En una variante simple, el aire de atomización es controlado de manera externa, continua o intermitente.

[0058] Cuando se usa solo un canal seleccionando específicamente el punto de entrada para la presión de control p_c , y tomando ventaja de los retrasos de tiempo, se puede lograr un corrimiento de tiempo, especialmente controlar los tiempos superpuestos, como se ilustra en la fig. 6-B. Cuando se utiliza un microcircuito electroneumático de acuerdo con la fig. 3-B, modo de operación 1, esta configuración provoca que el aire de atomización siempre fluya brevemente antes y después de la descarga de fluido, por consiguiente, se evita una eyección de fluido sin atomización.

[0059] Un eyector de fluido, además, puede tener más de una salida de fluido (fig. 6-C y D). Esto significa que hay más de una boquilla (salida de fluido 6) dedicada a cada canal direccionable digitalmente, con el resultado de que se puede lograr una distribución más uniforme del fluido o del espesor de capa de una superficie o se pueden realizar más tareas. Por ejemplo, varias salidas de fluido 6 se pueden disponer una junto a otra o una atrás de otra, en hileras escalonadas, en diagonal o en cualquier arreglo regular o aleatorio. Son ventajosos los arreglos de al menos dos hileras escalonadas de salidas de fluido 6. Como se ilustra en la fig. 6-D, un número de $i, i > 1$ salidas de fluido 6 se asignan a un canal direccionable digitalmente n.

[0060] La fig. 7-A muestra una realización preferida de un cabezal de impresión, en donde la microválvula 18 está configurada normalmente abierta y se conecta al mayor de los dos niveles de presión p_1 y p_2 , y en donde el eyector de fluido es una válvula de diafragma accionada neumáticamente. La realización es una combinación de un microcircuito electroneumático 2 como en la fig. 3-B modo de operación 1 y un eyector de fluido 4 de acuerdo con la fig. 4-A. En un dimensionado ventajoso, el nivel de presión p_1 , por ejemplo, se fija en 2 a 5 bar, el nivel de presión p_2 en el segundo puerto del estrangulador neumático 23 se fija a presión ambiente y el nivel de presión del fluido se mantiene a $0,8 \times p_1$. La configuración mencionada y las presiones fijadas aseguran que la presión del fluido siempre sea menor que p_1 , de modo que, incluso en el caso de un derrame del diafragma, no pueda penetrar fluido en el área eléctricamente sensible de la cámara de la válvula neumática.

[0061] En esta realización, los dispositivos y métodos de acuerdo con la invención permiten, utilizando el microcircuito electroneumático 2 de la invención, una amplificación de la carrera de una válvula piezoeléctrica de aproximadamente 0,05 mm a una carrera de válvula de diafragma en el eyector de fluido 4 de 0,2 mm a 0,5 mm, si se utiliza, por ejemplo, un diafragma de elastómero 8 con un espesor de 0,05 mm. Al utilizar el diafragma de elastómero también se pueden procesar fluidos con elevada carga de partículas, con tamaños de partícula del rango de las décimas de milímetro. Por un lado, la deflexión del diafragma de elastómero de varias décimas de milímetro permite el pasaje de partículas en el estado abierto, por el otro lado, la alta flexibilidad del diafragma en estado cerrado de la válvula también permite un sellado efectivo, porque las partículas quedan atrapadas por el diafragma elástico. Debido a la alta elasticidad de un diafragma de elastómero, el contacto con el diafragma con partículas abrasivas solo produce bajas tensiones internas, que no pueden dañar el diafragma. El diafragma "deja pasar", de modo que los diafragmas de elastómero son preferibles respecto de otros diafragmas, en particular en presencia de partículas abrasivas.

[0062] Con la configuración según se describió, el tiempo para abrir la válvula es de entre 0,05 ms y 0,2 ms, y el tiempo para cerrar la válvula de fluido es <0,05 ms. Estos breves tiempos de transición solo se logran con una versión miniaturizada del microcircuito electroneumático y aseguran una eyección limpia del fluido, también de fluidos de mayor viscosidad y/o llenos de partículas, con frecuencias de descarga en el rango de los kHz.

[0063] La fig. 7-B muestra una realización de un cabezal de impresión, que es particularmente adecuado para la impresión de fluidos por chorro libre. El cabezal de impresión contiene una microválvula 18, configurada como una microválvula normalmente cerrada y que se conecta con el mayor de los dos niveles de presión p_1 o p_2 . El eyector de fluido 4 es del tipo diafragma con desplazamiento de fluido. La realización combina un microcircuito electroneumático 2 como en la fig. 3-A en modo de operación 1 con un eyector de fluido como el que se muestra en la fig. 5-C, equipado con un diafragma más rígido 8, por ejemplo, hecho en PEEK con un espesor de 0,1 mm. El cabezal de impresión se puede operar con el mismo dimensionado de los elementos del microcircuito electroneumático como el que se usa en la fig. 7-A. Como la resistencia neumática del estrangulador neumático 23 es elevada si se la compara con la de la microválvula abierta 18, también es alta la constante de tiempo de la liberación de presión de control tras la eyección de fluido, lo que significa que la presión de control siempre decrece lentamente. Este comportamiento es deseable para la fase de succión de fluido. Por el otro lado, la resistencia de flujo de la microválvula abierta 18 y el volumen del nodo neumático 5 son pequeños, resultando en una eyección de fluido eficiente debido a la rápida ruptura de presión tras el accionamiento eléctrico de la microválvula 18.

[0064] Como una desventaja de esta configuración, debido a un diámetro creciente de las salidas de fluido y, por lo tanto, las decrecientes fuerzas capilares en las salidas de fluido, se deben tener en consideración tiempos de llenado más largos y, por consiguiente, frecuencias de operación más bajas, para evitar la succión de aire hacia la cavidad del eyector.

[0065] La fig. 8 muestra una vista en sección a través de un canal dosificador en una realización de un cabezal de impresión hecho con varias placas estampadas. Se basa en una configuración como la que se muestra en la fig. 3-B y en la fig. 4-A. Decenas o cientos de canales similares se disponen en una hilera perpendicular al plano de la ilustración.

[0066] De acuerdo con la invención, las placas estampadas se pueden fabricar por separado a partir de metal, materiales orgánicos o inorgánicos. Por lo tanto, es ventajoso concebir la estructura mecánica de modo que, desde el punto de vista funcional, elementos similares de varios canales o de todos sean parte de una estructura común. Así, por ejemplo, los asientos y aberturas de las microválvulas neumáticas 18 de algunos o todos los canales del cabezal de impresión 1 están contenidos en una placa estampada PP2, véase la fig. 8, y/o los tubos capilares y/o estranguladores neumáticos 2 del microcircuito electroneumático de varios o todos los canales del cabezal de impresión 1 están contenidos en una placa estampada PP3, y/o partes de los actuadores piezoeléctricos monomórficos 21 de las microválvulas 18 de varios o todos los canales del cabezal de impresión 1 están contenidos en una placa estampada, y/o los asientos de válvulas y/o partes similares de la alimentación de fluido de varios o todos los canales del cabezal de impresión están contenidos en una placa estampada común PF1 y/o las salidas de fluido de varios o todos los canales del cabezal e impresión están contenidas en una placa estampada PF2. Los diafragmas de varios o todos los canales también pueden ser parte de un diafragma integrado.

[0067] Debido a los altos requisitos de precisión de dimensiones de los elementos del microcircuito neumático, como los tubos capilares o aberturas de microválvula, así como por los elementos de los eyectores de fluido, como las salidas de fluido, asientos de válvula y aberturas de válvula, la invención propone que, como mínimo, una de las placas estampadas sea estampada utilizando técnicas micromecánicas. Las técnicas micromecánicas incluyen todas las técnicas y procesos de fabricación, conocidos de la tecnología de microsistemas (MEMS) e ingeniería de microestructuras. Por ejemplo, los tubos capilares neumáticos, canales de fluidos, salidas de fluidos y asientos de válvulas se pueden realizar en una placa microestampada de uno o dos lados, usando una combinación de técnica litográfica y de grabado (proceso sustractivo) o agregando capas, también por estampado litográfico (proceso aditivo). Además, las técnicas micromecánicas incluyen los métodos de moldeo por microinyección u otros métodos de duplicación.

[0068] De acuerdo con la invención, las placas estampadas o microestampadas se unen entre sí utilizando técnicas como encolado, soldado, sellado por calor o laminado.

5 **[0069]** Como tecnología de fabricación económica se propone fabricar los cabezales de impresión o parte de ellos utilizando la tecnología multicapa. Es una técnica que originalmente se usa para la producción de placas de circuito impreso multicapa (PCB). Algunas de las capas utilizadas en electrónica, como las Bond-Ply, se reemplazan por placas de metal delgado grabado (espesor de 0,05 mm ... 0,5 mm), que son equivalentes, por ejemplo, a las placas estampadas o microestampadas descritas más arriba. Así, la unión de las placas se logra por laminación, como se
10 hace en la fabricación de placas de circuitos utilizando láminas adhesivas preimpregnadas y previamente cortadas (adhesivo laminado, prepreg), por ejemplo, en base a resinas epoxi o acrilatos.

[0070] Para la operación, limpieza y servicio técnico, es ventajoso si algunos grupos de placas estampadas se combinan uniéndolas a partes contiguas. De acuerdo con la invención, por ejemplo, las placas estampadas que
15 contienen elementos de los microcircuitos electroneumáticos de varios o todos los canales se combinan en una sola unidad. A esto se hará referencia como parte neumática 24. En la realización mostrada en la fig. 8, la parte neumática consiste en las placas PP1 y PP2, PP3 y PP4. La parte neumática 24 de manera ventajosa incluye componentes y estructuras que solo son sujeto de poco o nada de desgaste y/o su producción es costosa.

20 **[0071]** De acuerdo con la invención, es ventajoso que las partes del cabezal de impresión que transportan fluidos se agrupen juntas en una parte fluídica 25, compuesta de placas estampadas, que en la fig. 8 son las placas PF1 y PF2, y opcionalmente el diafragma 8. Las placas, componentes y estructuras de la parte fluídica están sujetas a desgaste y polución por el fluido. Por consiguiente, tiene sentido fabricar la parte fluídica que sea económica y configurarla para hacerla intercambiable. De acuerdo con la invención, también es ventajoso que las partes del cabezal
25 de impresión que transporten fluidos se combinen en una parte fluídica 25, que sea intercambiable utilizando una conexión desprendible. Debido a los materiales utilizados y al diseño estructural de la parte fluídica, se puede adaptar dentro de límites amplios a las demandas de un fluido o de una tarea de impresión o dispensación. Para imprimir fluidos de alta viscosidad, químicamente agresivos, se pueden utilizar, por ejemplo, materiales fluoropolímeros. El diámetro de las salidas de fluido se puede adaptar para lograr los tamaños de gotas requeridos. Si se deben imprimir
30 fluidos abrasivos, como pinturas con pigmentos y rellenos, la invención propone diseñar la parte fluídica 25 como una parte descartable, fabricando, por ejemplo, los componentes de la misma usando moldeo plástico por inyección y unirlos por procesos de laminado, encolado o unión térmica, especialmente soldadura por ultrasonido, soldadura láser, sellado por calor o soldadura por impulsos.

35 Mejor manera forma de realización de la invención

[0072] En la fig. 8-A se ilustra una parte neumática 24, cuya cubierta PP1 incluye una placa de circuito electrónica con electrónica de control 26 para impulsar los actuadores piezoeléctricos de las microválvulas de varios o todos los canales. El contacto de los elementos piezoeléctricos se logra mediante contactos de muelles en la placa de circuito,
40 directamente a los elementos piezoeléctricos 19. Los contactos de resortes, además, proporcionan una fuerza F para presionar el actuador de válvula sobre el asiento de válvula y, de este modo, mantener la microválvula 8 en una posición normalmente cerrada.

[0073] En la fig. 8-B1 se muestra una realización de una parte fluídica 25, consistente en las placas PF1 y PF2 con un eyector de fluido 4 para cada canal, utilizando el principio de válvula, con múltiples salidas de fluido 6 por eyector
45 4. La primera placa de fluido contiene partes de las estructuras de suministro de fluido 7, además de las partes de orificio circular, asiento de válvula 10 y abertura de válvula 9 de la respectiva válvula de fluido. La segunda placa de fluido contiene para cada canal la parte complementaria de las estructuras de suministro de fluido 7 además de las salidas de fluido en la parte inferior. Utilizando la configuración como se ilustra, con más de una salida de fluido 6 por eyector 4, puede ser ventajoso un mayor espaciado de canales y, de este modo, una menor resolución de
50 impresión, si se desea lograr una distribución de espesor más pareja de un píxel direccionable. La parte fluídica 25 de la fig. 8-B1 se ajusta conjuntamente con una capa de diafragma 8 separada que abarque todos los canales y la parte neumática 24 mediante pernos de alineación (no mostrados) y después se presanan juntos entre las mandíbulas de un dispositivo de abrazadera.

[0074] La fig. 8-B2 muestra una parte fluídica 25 en configuración de disparo lateral. La capa de diafragma está
55 soldada fija a la parte fluídica 25, de modo que se evitan el derrame de fluido y la contaminación al cambiar la parte. Como alternativa, el diafragma 8, u otro diafragma 8 se puede fijar a la parte neumática para evitar la penetración de suciedad o líquido hacia la parte neumática 24.

60 **[0075]** La invención propone que la parte fluídica 25 sea presionada contra una placa estampada de la parte neumática 24, que contiene los n puertos de presión de control, por medio de un dispositivo de presión, de modo que las n aberturas de presión de control de la parte neumática estén neumáticamente conectadas con los diafragmas actuadores 8 de cada eyector correspondiente. La parte neumática 24, la parte 25, y el diafragma de fluido 8 se pueden

presionar juntos con un dispositivo de presión en forma de un racor roscado, un encaje de presión, con ménsulas o abrazaderas. El diafragma 8 comúnmente usado, aprovechando sus propiedades elásticas, además se usa como sello entre la parte neumática 24 y la parte fluidica 25, en particular como sello de superficie.

5 **[0076]** De acuerdo con la invención, una capa de diafragma se puede conectar a la parte fluidica, por ejemplo, soldando el diafragma 8 a la parte fluidica 25, véase la fig. 8-C (ejemplo de un disparador lateral), que contiene los diafragmas de varios canales. Así, el cabezal de impresión comprende solo una estructura de dos partes que, comparada con una estructura de 3 partes, ofrece la ventaja de una manipulación más rápida durante el cambio de la parte fluidica y una hermeticidad permanente a los derrames entre la parte fluidica 25 y el diafragma 8. No obstante, de todos modos la capa de diafragma 8 o una segunda capa de diafragma se pueden unir de manera segura con la parte neumática.

15 **[0077]** De acuerdo con la invención, por ejemplo, la parte neumática 24 se puede fijar a un aparato de impresión o dosificación utilizando un racor roscado. El aparato de impresión o dosificación, entonces, puede comprender una abrazadera o un racor rápido, en donde se pueden insertar el diafragma 8 y la parte fluidica 25 y, cuando están exactamente alineados, se presionan contra el lado inferior de la parte neumática 24.

20 **[0078]** Un diseño modular así ofrece un máximo de flexibilidad cuando se cambia a diferentes fluidos, cuando se cambia un diafragma de diferente configuración, defectuoso o gastado, o cuando se cambia una parte fluidica 25 de diferente configuración, sucia o contaminada.

25 **[0079]** En lo que respecta a impresión multicolor (por ejemplo, de 4, 5 o 6 colores), de acuerdo con la invención se propone una configuración en la que un cabezal de impresión contiene una variedad de módulos planos 34 en una formación, cada uno de ellos fabricados con placas delgadas estampadas paralelas, cada una reúne las características de los eyectores de fluido y microcircuitos electroneumáticos, véase la fig. 9, de modo que las placas microestampadas son preferentemente placas de metal estampadas utilizando técnicas de grabado. Para unir las placas de metal se propone utilizar un adhesivo en lámina estampada y un proceso de laminado. Un módulo 34 contiene en una disposición lateral las estructuras de los microcircuitos electroneumáticos y de los eyectores de fluido, con una configuración, por ejemplo, de disparador lateral de uno o varios colores. De acuerdo con la invención, las líneas de suministro de pintura para los diversos colores y las líneas de suministro neumáticas se alimentan perpendicularmente a las placas en toda la anchura del cabezal de impresión. Para poder reemplazar fácilmente los módulos individuales, la pila de módulos se prensa preferentemente de manera desprendible entre dos placas de borde 35. Como se sugiere en la fig. 9, cada módulo puede incluir un control electrónico por separado, en el caso de un cabezal de impresión de 4 colores son adecuados microchips de 4 canales. Las salidas de fluido de cada canal de color se pueden disponer en paralelo y a cierta distancia entre sí, también pueden conducir internamente a una salida de fluido en común, haciéndose así una mezcla interna. Finalmente, como se muestra en la fig. 6-B, la pintura descargada además se puede atomizar. La atomización se puede realizar por medio de aire de atomización continuo o discontinuo por medio de un canal adicional, que controla el aire de atomización.

40 **REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

La presente lista de referencias citadas por el solicitante es solo para la conveniencia del lector. No forma parte del documento de Patente Europea. A pesar de la extrema diligencia tenida al compilar las referencias, no se puede excluir la posibilidad de que haya errores u omisiones y la OEP queda exenta de todo tipo de responsabilidad a este respecto.

45

Bibliografía de patentes citada en la descripción

- US 5119110 A **[0003]**
- US 5356034 A **[0003]**
- US 20090115816 A **[0003]**
- 50 • US 4723131 A **[0003]**

REIVINDICACIONES

1. Cabezal de impresión, particularmente adecuado para fluidos viscosos o llenos de partículas, con múltiples canales, estando un canal **caracterizado por**
- 5 - un microcircuito electroneumático (2) que contiene entre un primer y un segundo nivel de presión un circuito en serie de una primera microválvula (18) y un estrangulador neumático (23) o una segunda microválvula, para generar una presión de control p_c en un nodo neumático común (5) entre la primera microválvula y el estrangulador o la segunda válvula,
- 10 - al menos un eyector de fluido de goteo por demanda (4) con un actuador neumático controlado por la presión de control p_c , controlando el eyector de fluido (4) una descarga de fluido a través de al menos una salida de fluido (6).
2. Cabezal de impresión, según la reivindicación 1, en donde las cavidades que se asocian con el nodo neumático (5) son estructuras miniaturizadas configuradas para lograr una constante de tiempo para un cambio de estado de la presión de control p_c en el rango de 1 microsegundo a 1 milisegundo.
- 15
3. Cabezal de impresión, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el eyector de fluido de goteo por demanda (4) trabaja de acuerdo con el principio de válvula utilizando una membrana (8) como actuador neumático, que en su primer lado es accionada por la presión de control p_c , y que en su segundo lado, conjuntamente con un asiento de válvula (10) y una abertura de válvula (9), actúa como una válvula de fluido, que controla cuando el fluido sale a través de al menos una salida de fluido (6).
- 20
4. Cabezal de impresión, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el eyector de fluido de goteo por demanda (4) trabaja de acuerdo con el principio de desplazamiento, en donde el actuador neumático, cuando es desviado por la presión de control p_c , desplaza fluido en una cavidad de eyector (17) y, de este modo, eyecta fluido a través de al menos una salida de fluido (6).
- 25
5. Cabezal de impresión, según la reivindicación 1, en donde el actuador neumático comprende un diafragma (8), que comprende un elastómero.
- 30
6. Cabezal de impresión, según la reivindicación 1, en donde al menos la primera microválvula (18) es una válvula piezoeléctrica, preferentemente con un transductor de flexión piezoeléctrico.
- 35
7. Cabezal de impresión, según la reivindicación 1, **caracterizado por** una parte neumática (24), que contiene microcircuitos electroneumáticos (2) de múltiples canales.
- 40
8. Cabezal de impresión, según la reivindicación 1, **caracterizado por** una parte fluídica (25), que contiene partes controladoras de fluido de múltiples canales.
- 45
9. Cabezal de impresión, según las reivindicaciones 7 y 8, **caracterizado por** una conexión desprendible entre la parte neumática (24) y la parte fluídica (25).
- 50
10. Cabezal de impresión, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el fluido descargado a través de al menos una salida de fluido (6) es atomizado mediante aire de atomización continuo o discontinuo mediante un canal adicional, que controla al aire de atomización.
- 55
11. Cabezal de impresión, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se descarga un fluido con propiedades tixotrópicas o pseudoplásticas, un fluido cargado de partículas, una pintura de dispersión, una emulsión, un barniz, un yeso, un adhesivo, un polímero endurecible con radiación UV o una pasta espesa a través de al menos un eyector de fluido (4).
- 60
12. Un método para descargar fluido con un cabezal de impresión con múltiples canales, en donde en un canal
- una señal eléctrica de control se transfiere mediante un microcircuito electroneumático (2) que contiene entre un primer y un segundo nivel de presión un circuito en serie de una primera microválvula (18) y ya sea un estrangulador neumático (23) o una segunda microválvula, genera una presión de control p_c en un nodo neumático común (5) entre la primera microválvula y el estrangulador o la segunda válvula,
- la presión de control p_c se usa para controlar un actuador neumático de al menos un eyector de fluido de goteo por demanda (4), que controla una descarga de fluido a través de al menos una salida de fluido (6).
- 60
13. Método para la producción de un cabezal de impresión con múltiples canales, según la reivindicación 1, en donde los asientos de válvula (20) y aberturas de válvula de las respectivas microválvulas (18) de múltiples canales se fabrican a partir de una placa común utilizando métodos de producción del campo de la tecnología de microsistemas.

14. Método para la producción de un cabezal de impresión con múltiples canales, según la reivindicación 1, en donde cada uno de los microcircuitos electroneumáticos contiene un estrangulador neumático, este está fabricado a partir de una placa común utilizando métodos de producción del campo de la tecnología de microsistemas.

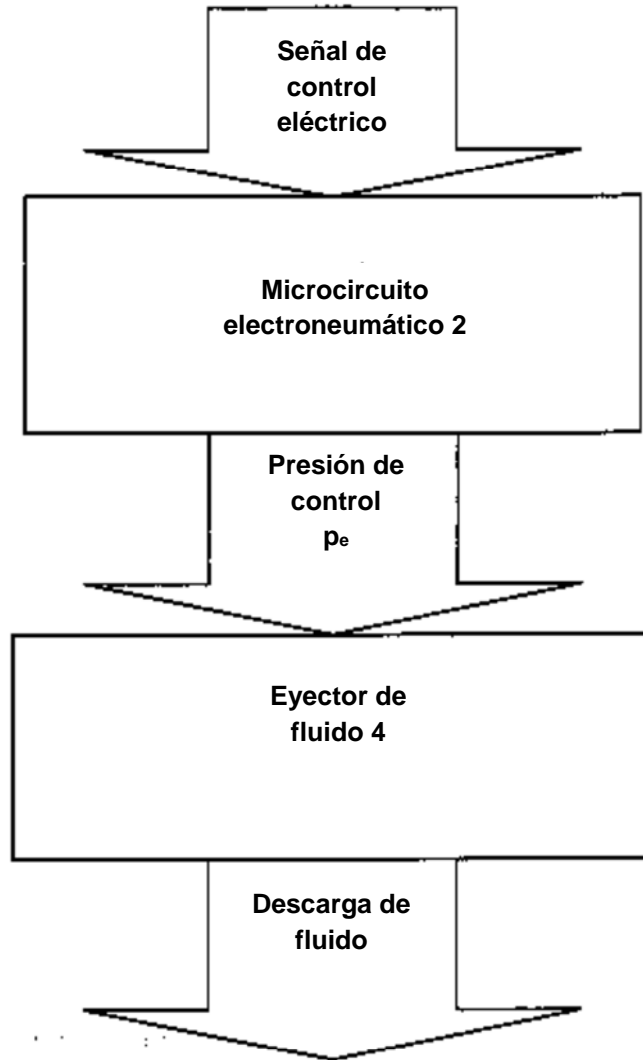


Fig. 1

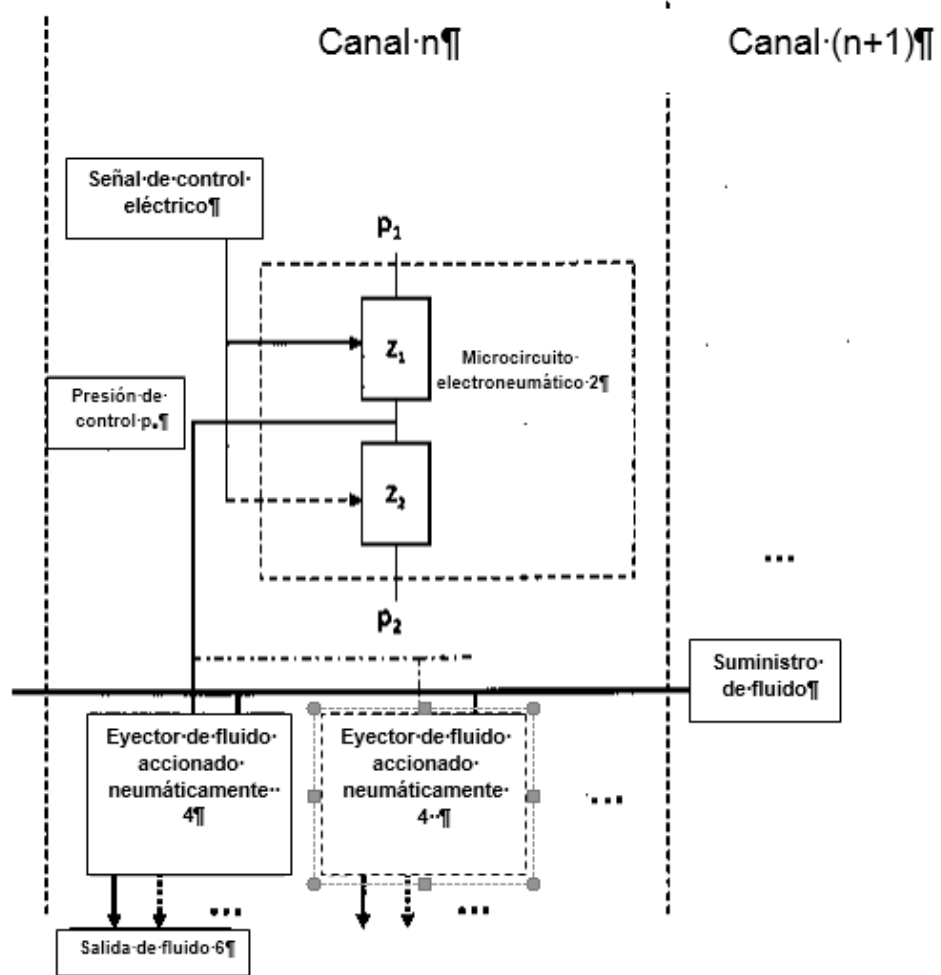
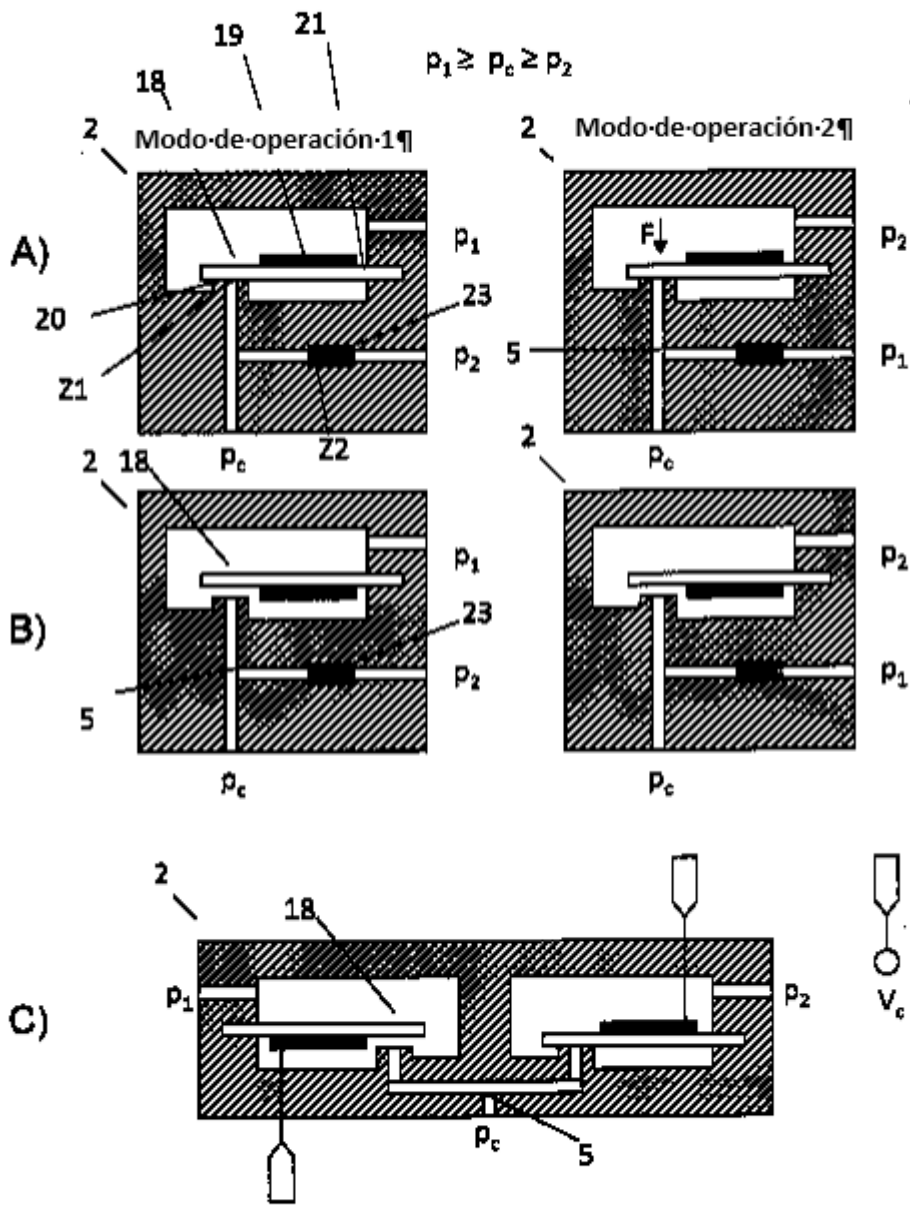


Fig. 2



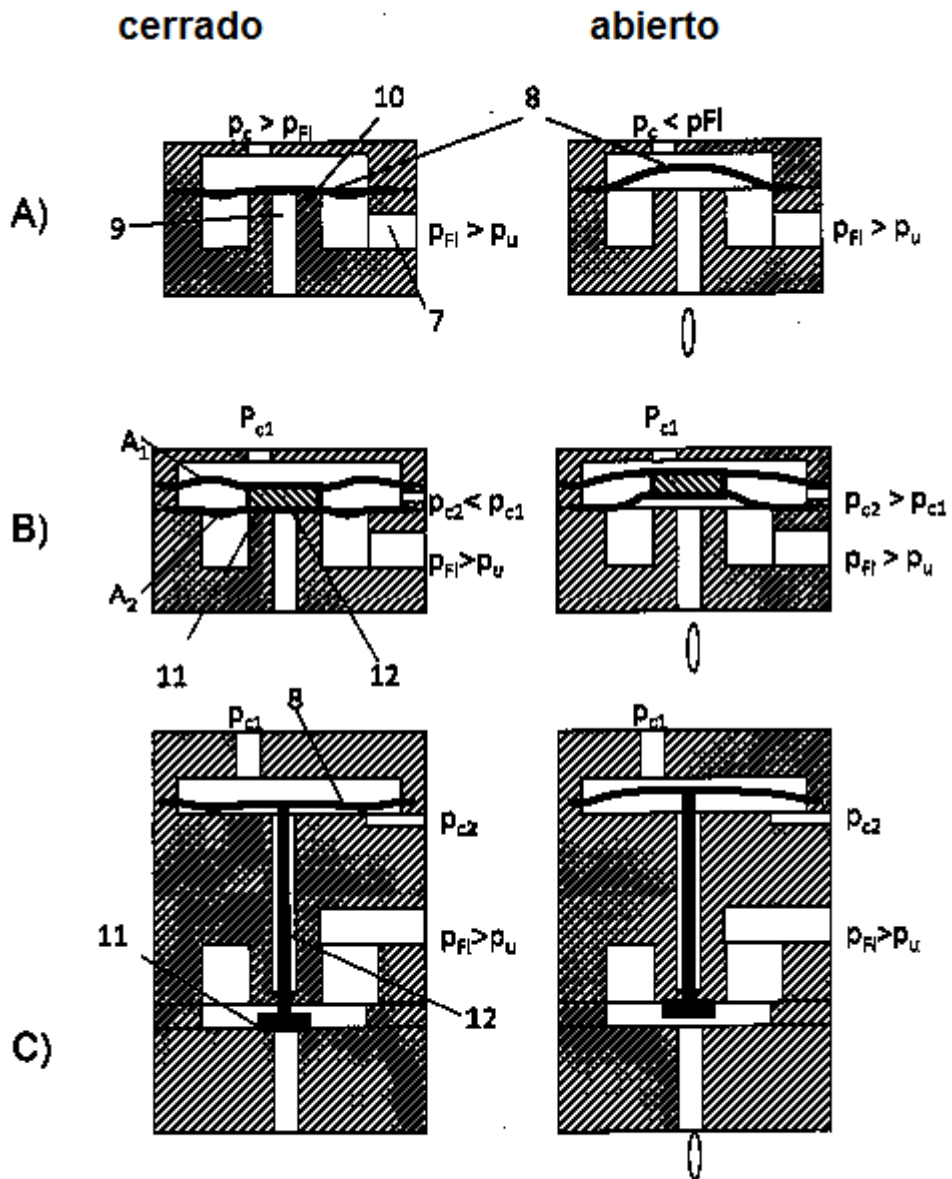


Fig. 4

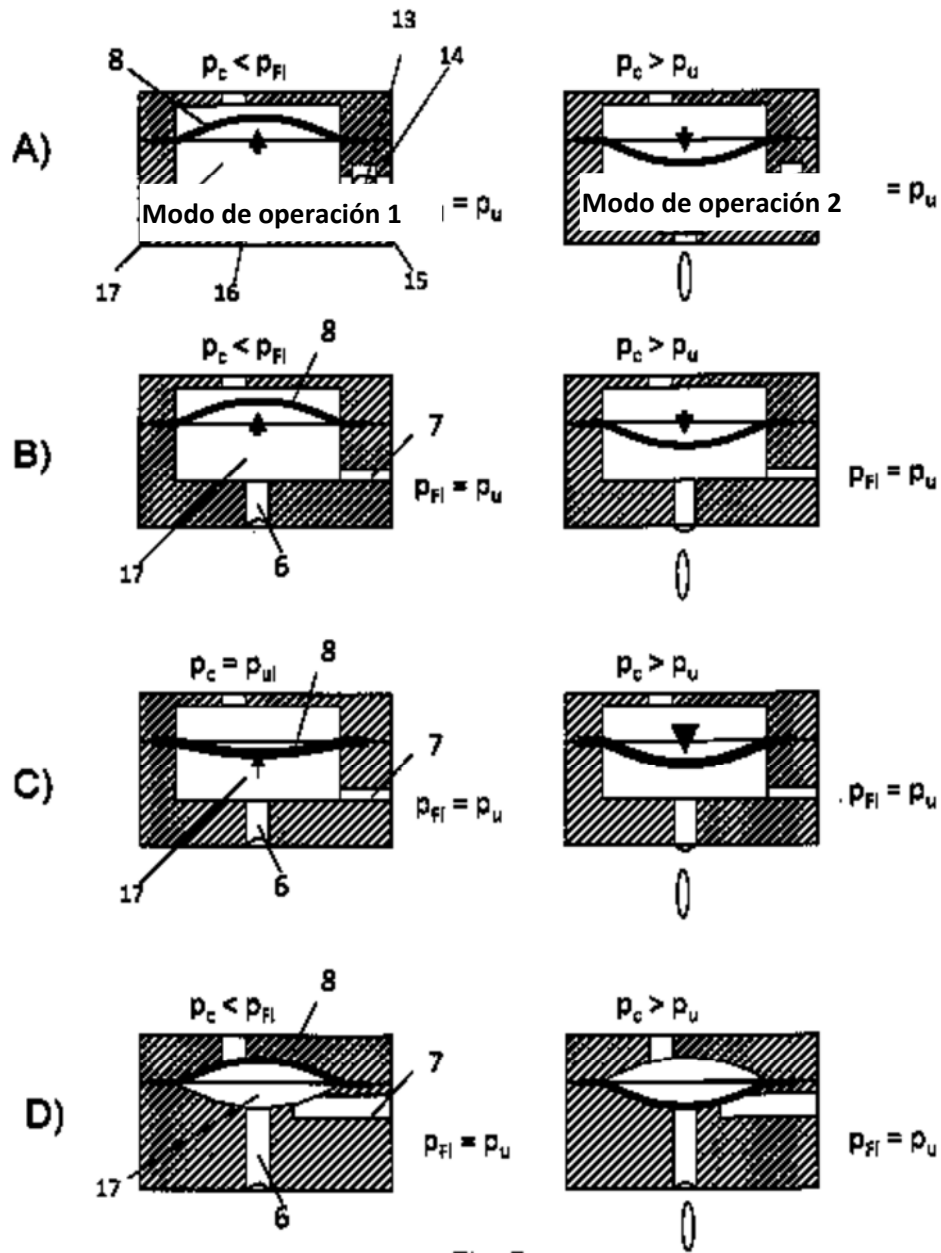


Fig. 5

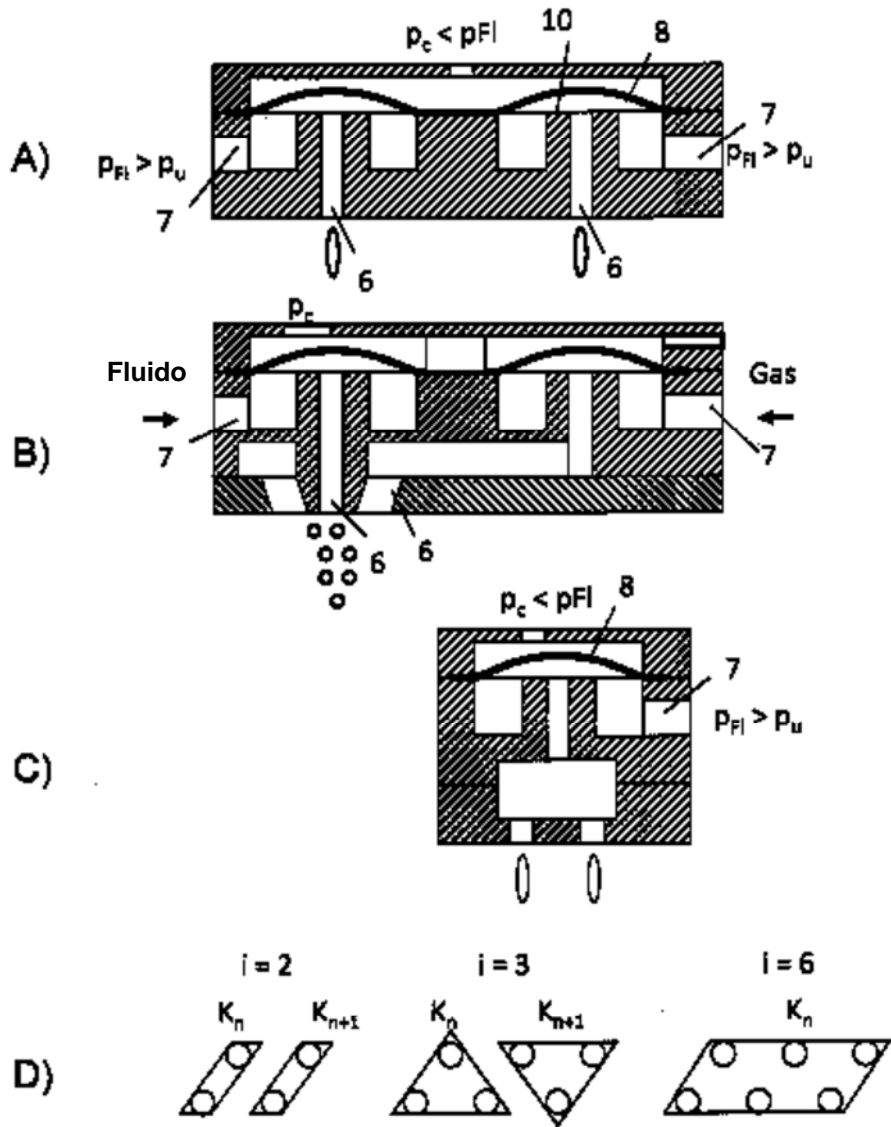


Fig. 6

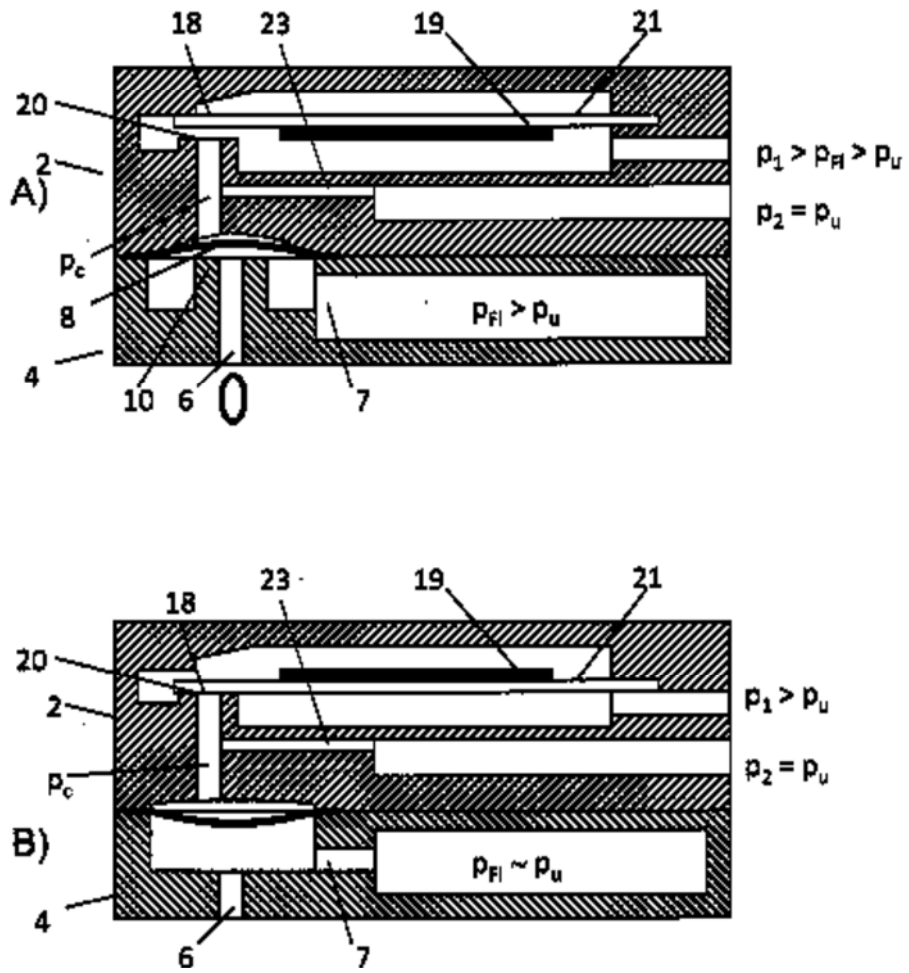


Fig. 7

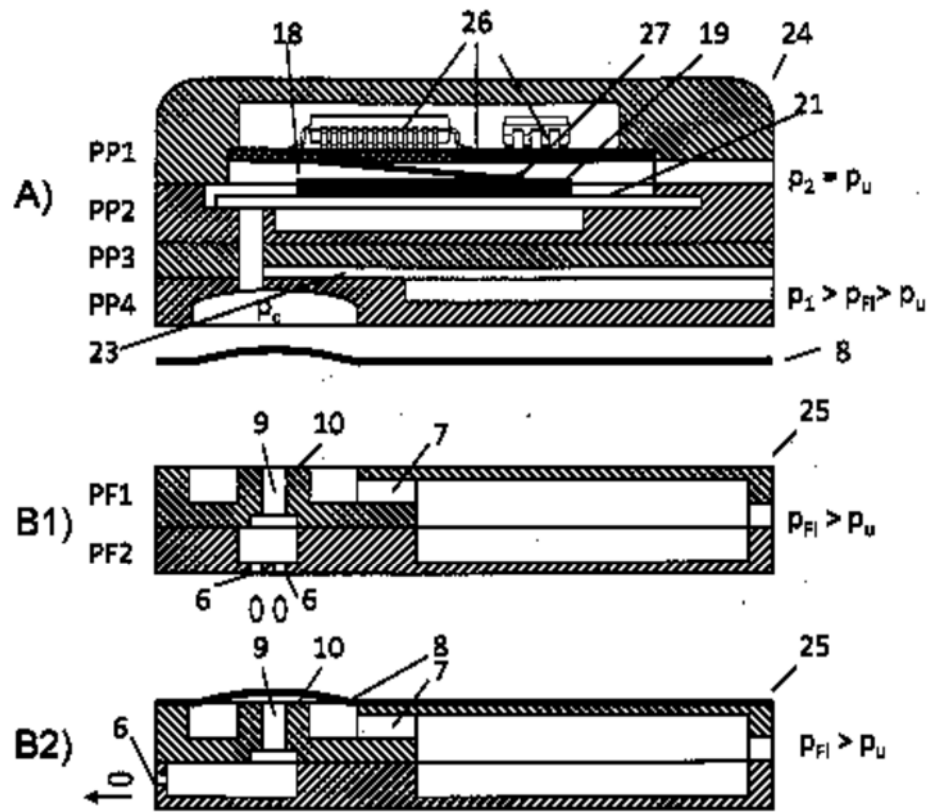


Fig. 8

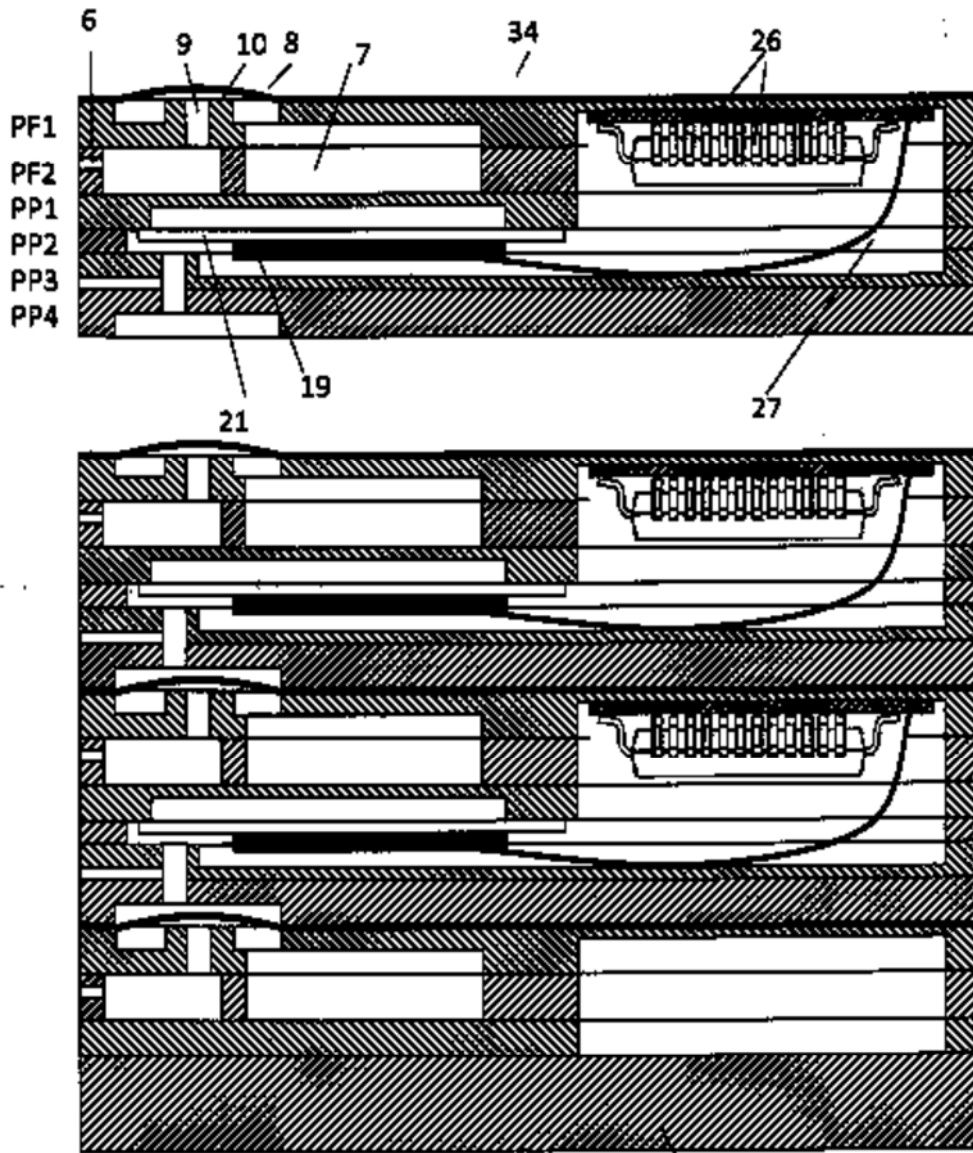


Fig. 9

35