

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 712**

51 Int. Cl.:

**B23Q 1/70**

(2006.01)

**B23Q 17/00**

(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09179089 .9**

96 Fecha de presentación: **14.12.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2210700**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.07.2010**

54 Título: **DISPOSITIVO PARA CONTROLAR LA POSICIÓN DE UNA HERRAMIENTA O UN ELEMENTO DE MÁQUINA.**

30 Prioridad:  
**23.01.2009 DE 102009005745**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**09.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**09.01.2012**

73 Titular/es:  
**OTT-JAKOB SPANNTTECHNIK GMBH  
INDUSTRIESTRASSE 3-7  
87663 LENGENWANG, DE**

72 Inventor/es:  
**Bonerz, Stefan;  
Greif, Josef y  
Bechteler, Wolfgang**

74 Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 371 712 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**

Dispositivo para controlar la posición de una herramienta o un elemento de máquina

- 5 La invención se refiere a un dispositivo para controlar la posición de una herramienta o de un elemento de máquina según el preámbulo de la reivindicación 1.

En el caso de las máquinas herramienta, los contaminantes en las superficies de apoyo de la herramienta pueden provocar una sujeción subóptima de la herramienta. Los contaminantes pueden ser en especial virutas de material  
10 que se producen forzosamente durante el mecanizado de una pieza de trabajo. Por consiguiente, una posición inclinada o un desplazamiento axial de la herramienta pueden originar un mecanizado deficiente. Este efecto se intensifica al usarse herramientas largas. Para mejorar la calidad de fabricación y reducir el porcentaje de piezas defectuosas se desea poder detectar la realización de una sujeción incorrecta de la herramienta antes de iniciarse el mecanizado. Por tanto, ya se ha propuesto comprobar la calidad de la sujeción de la herramienta en máquinas  
15 herramienta mediante un control del contacto plano de la herramienta.

Asimismo, en las máquinas herramienta es necesario controlar las posiciones de distintos elementos de máquina. Un ejemplo de esto es el accionamiento para activar el dispositivo de sujeción de herramienta. Una medición de la posición en un elemento de este accionamiento es adecuado para suministrar información sobre si se han ejecutado  
20 o no correctamente las instrucciones de regulación del control de la máquina para liberar o sujetar una herramienta.

El documento DE10351347A1 describe el control de las fuerzas generadas en el dispositivo de sujeción de una máquina herramienta mediante un sistema sensor sensible a la presión, la tensión o la fuerza. El objetivo perseguido en este caso es el control simultáneo de la sujeción correcta de la herramienta y de las fuerzas generadas durante el  
25 mecanizado para poder optimizar parámetros de proceso en el mecanizado. Con este fin, los sensores han de estar integrados en el dispositivo de sujeción de modo que queden ubicados en el flujo de fuerza que se produce durante el mecanizado.

El documento DE19959778A1 instruye sobre el uso de un sistema de telemetría con sistema sensor de medición de distancia para el control simultáneo del estado de sujeción y del contacto plano del alojamiento de herramienta en el husillo. El documento, sin embargo, no contiene información detallada sobre la configuración del sistema sensor y de la unidad de telemetría.  
30

El documento DE19903183A1 describe un dispositivo de medición de distancia de alta frecuencia con una antena configurada como sensor y una guía de ondas abierta en un lado, cuyo lado abierto está cerrado con un elemento de amortiguamiento. Un objeto reflectante, cuya posición se debe determinar, se encuentra cerca del elemento de amortiguamiento. La frecuencia de emisión del oscilador se regula de modo que la disposición está en resonancia. La frecuencia de resonancia es una medida de la distancia del objeto reflectante respecto al elemento de amortiguamiento. Se proponen distintas aplicaciones, en las que el sensor de distancia está instalado siempre en el  
40 interior de un dispositivo mecánico, en el que se debe realizar una medición de distancia en uno de sus componentes.

El objetivo de la invención es crear una solución nueva y conveniente, que se pueda realizar de forma simple y económica, para controlar la posición de una herramienta o un elemento de máquina junto a o en un husillo de trabajo o un dispositivo de sujeción de herramienta, en especial en una máquina de mecanizado.  
45

Este objetivo se consigue según la invención mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones secundarias aparecen configuraciones ventajosas.

50 La invención prevé una detección de la posición de la herramienta o del elemento de máquina de interés mediante la irradiación de ondas electromagnéticas hacia al menos un canal realizado en el husillo de trabajo o en el dispositivo de sujeción de herramienta y mediante la evaluación de la señal reflectada desde este canal. La influencia sobre la característica de reflexión por parte de la posición de la herramienta o del elemento de máquina se debe a que el canal define una trayectoria de propagación de ondas desde una superficie exterior del husillo de trabajo o del  
55 dispositivo de sujeción de herramienta hasta la herramienta o el elemento de máquina de interés, de modo que al menos en una posición posible de ésta, una parte de su superficie actúa como superficie de reflexión. La distancia de esta superficie de reflexión respecto a la antena de emisión se puede medir según el principio de radar.

En comparación con los sistemas de transpondedores del tipo conocido, la invención permite prescindir  
60 completamente de la disposición de componentes electrónicos de circuito en un husillo rotatorio de trabajo o en el interior de un dispositivo de sujeción de herramienta, en los que no se dispone de espacio suficiente para esto y las posibilidades de acceso están muy limitadas. La única modificación, que se ha de llevar a cabo forzosamente en el husillo de trabajo o el dispositivo de sujeción de herramienta para poner en práctica la invención, es la realización de al menos un taladro con el fin de crear un canal que actúe como guía de ondas para las ondas electromagnéticas  
65 irradiadas y reflectadas.

Otra ventaja radica en que componentes de sistemas de radar para la medición de distancia (24 GHz, 60-61 GHz, 76-77 GHz) del sector automovilístico están disponibles comercialmente de forma económica. Esto hace posible recurrir a componentes terminados, ya probados, como elementos constitutivos de todo el sistema y reduce los costos de desarrollo.

5 En una forma de realización especialmente importante de la invención para el control del contacto plano de una herramienta o un portaherramientas en un husillo de trabajo se necesita una pluralidad de canales que finalizan en cada caso en una superficie, en la que el husillo de trabajo está en contacto normalmente con la herramienta o el portaherramientas durante el funcionamiento, de modo que una desviación de la herramienta o del portaherramientas de su posición correcta provoca un desplazamiento y/o una inclinación de las superficies de reflexión. En este caso se simplifica el procesamiento de señales, porque no es necesaria una medición del valor absoluto de la posición de la herramienta o del portaherramientas, sino que es suficiente comprobar la correspondencia de las características de reflexión de los distintos canales para reconocer la exactitud de la posición.

10 15 Resulta extremadamente conveniente llenar el canal o los canales con un dieléctrico a fin de impedir una afectación de la función realizada por la guía de ondas debido a la penetración de contaminantes y virutas. El único tipo de daño, que se puede producir en este caso en el elemento rotatorio del sistema sensor, es la entrada a presión de una viruta en el dieléctrico. Sin embargo, la reparación de este tipo de daño es más simple y económica en comparación con una reparación en un circuito sensor electrónico integrado en el husillo de trabajo. En caso de una medición de posición en los elementos hidráulicos o neumáticos de máquina puede ser incluso imprescindible este tipo de llenado si el elemento de interés se encuentra en un espacio, en el que impera al menos temporalmente una sobrepresión.

25 A continuación se describen ejemplos de realización de la invención con referencia a los dibujos. Muestran:

- Fig. 1 una vista delantera de un husillo de trabajo;
- Fig. 2 una vista esquemática en corte longitudinal parcial de una sujeción incorrecta de herramienta;
- 30 Fig. 3 una vista en corte longitudinal de una primera forma de realización de la invención;
- Fig. 4 una vista en corte longitudinal de una segunda forma de realización de la invención;
- 35 Fig. 5 un diagrama eléctrico de bloques de un primer circuito de evaluación según la invención;
- Fig. 6 una vista en corte longitudinal a escala ampliada de una sección de una tercera forma de realización de la invención;
- 40 Fig. 7 un diagrama eléctrico de bloques de un segundo circuito de evaluación según la invención; y
- Fig. 8 una vista en corte longitudinal de una cuarta forma de realización de la invención.

45 La figura 1 muestra la vista delantera de un husillo 1 de trabajo que forma parte de una máquina de mecanizado no representada, en especial de una máquina herramienta. El husillo 1 de trabajo presenta en su lado frontal una o varias superficies planas 2 de apoyo, en las que una herramienta o un portaherramientas debe descansar de forma plana en el estado de sujeción. En caso de varias superficies separadas 2 de apoyo, éstas se encuentran exactamente en plano paralelo entre sí en un único plano. Para el uso en el husillo 1 de trabajo, determinadas herramientas o determinados portaherramientas, que en este último caso pueden alojar, por su parte, distintas herramientas, presentan asimismo en su lado trasero superficies frontales de apoyo correspondientes. Si hay un contacto plano de las superficies de apoyo del lado de la herramienta o del lado del portaherramientas en la superficie 2 de apoyo del lado del husillo, el eje longitudinal de la herramienta o del portaherramientas discurre exactamente en paralelo al eje longitudinal del husillo 1 de trabajo. El centrado de la herramienta o del portaherramientas respecto al husillo 1 de trabajo se lleva a cabo mediante superficies cónicas de apoyo en el interior del husillo 1 de trabajo.

Si una superficie 2 de apoyo está contaminada, ya no es posible un contacto plano de la herramienta o del portaherramientas en el husillo 1 de trabajo. Este tipo de contaminación se puede originar en especial por las virutas producidas durante el mecanizado de una pieza de trabajo. Una situación de este tipo está representada esquemáticamente en la figura 2. En la parte derecha de la superficie 2 de apoyo hay una viruta 3 que al sujetarse la herramienta 4 en el husillo 1 de trabajo queda fijada entre éste y la herramienta 4 y provoca un espacio cónico entre estos. Si una pieza de trabajo se mecaniza con una herramienta 4 inclinada de este modo, no se puede esperar un resultado con dimensiones exactas, sino piezas defectuosas.

65 Según la invención, en la superficie 2 de apoyo están previstos varios taladros 5, en el ejemplo mostrado tres

taladros, que discurren en dirección axial del husillo 1 de trabajo y de los que sólo es visible respectivamente la salida frontal del husillo 1 de trabajo en la figura 1. En la vista en corte longitudinal correspondiente de la figura 3 se puede observar que el taladro superior de los taladros axiales 5 se une en el interior del husillo 1 de trabajo con un taladro 6 que discurre en dirección radial del husillo 1 de trabajo. Cada uno de los otros dos taladros axiales 5, no visibles en la figura 3, se unen también respectivamente de la misma forma con un taladro radial asignado 6 en el husillo 1 de trabajo. En la posición angular mostrada del husillo 1 de trabajo, el taladro radial 6 en el husillo 1 de trabajo se alinea con un taladro radial 7 en un anillo 8 de cierre de un estator 9, en el que está montado el husillo 1 de trabajo. Entre los taladros radiales 6 y 7 se encuentra un espacio estrecho 10 de aire que separa el husillo rotatorio 1 de trabajo del estator 9.

En una cavidad, que se extiende desde el exterior hasta el anillo 8 de cierre del estator 9, está dispuesto un sistema 11 de radar que comprende un emisor, un receptor y una antena. La antena está orientada hacia el taladro 7 en el anillo 8 de cierre para posibilitar la irradiación de una señal de radar hacia el taladro 7 y la recepción de una señal de radar procedente del taladro 7. El taladro 7, al igual que los taladros 5 y 6, funciona como guía de ondas para una onda electromagnética irradiada hacia éste. Esto es suficientemente conocido de la técnica de radar.

Una guía de ondas hace posible guiar una onda electromagnética bajo determinadas condiciones límite geométricas. Un taladro simple dentro de un cuerpo metálico actúa entonces como guía de ondas si la longitud de onda de la onda electromagnética, que se va a guiar, es algo menor que el doble del diámetro del taladro. La longitud de onda límite  $\lambda_C$  de una guía redonda de ondas con el diámetro D se calcula exactamente como  $\lambda_C = (\pi \cdot D)/1,841$ . Si en la guía de ondas se encuentra un dieléctrico con la permitividad  $\epsilon_r$ , la longitud de onda límite  $\lambda_C$  aumenta en el factor  $\sqrt{\epsilon_r}$ . Por consiguiente, la frecuencia límite de una guía redonda de ondas con un diámetro de 5 mm con aire como dieléctrico es de 35,2 GHz aproximadamente, y de 17,5 GHz aproximadamente si está llena de un dieléctrico con  $\epsilon_r = 4$ . En un husillo 1 de trabajo se pueden realizar taladros con un diámetro en el orden de magnitud de hasta 5 mm en la zona de la superficie de contacto de la herramienta debido a las condiciones límite mecánicas. Esto proporciona una frecuencia límite de guía de ondas en un intervalo que se cubre mediante la tecnología conocida como tecnología del radar de onda continua con frecuencia modulada (FMCW-Radar).

En la posición angular mostrada en la figura 3 hay en total un canal 5, 6, 7, que actúa como guía de ondas, entre el sistema 11 de radar y la superficie trasera de apoyo de la herramienta 4, con el que ésta descansa sobre la superficie 2 de apoyo del husillo 1 de trabajo. Una señal de radar, irradiada por el sistema 11 de radar hacia el taladro 7, se propaga en el taladro 7, el taladro alineado 6 y el taladro 5 hasta la superficie trasera de apoyo de la herramienta 4, desviándose ésta en 90° en la zona de transición del taladro 6 al taladro 5. El canal 5, 6, 7 conduce la onda electromagnética propagada en éste en forma de una guía de ondas. En la superficie trasera de apoyo de la herramienta 4 se refleja la señal de radar y ésta retrocede en el canal 5, 6, 7 en dirección contraria hasta el sistema 11 de radar, en el que se recibe y se emite como señal eléctrica para el procesamiento ulterior.

Si el canal 5, 6, 7 está lleno de un dieléctrico, varía sólo, como se menciona arriba, la frecuencia límite, a partir de la que el canal 5, 6, 7 actúa como guía de ondas. Resulta extremadamente conveniente llenar el canal 5, 6, 7 de un dieléctrico al menos en la zona del taladro 5 del lado de la herramienta a fin de impedir la penetración de contaminantes y virutas que interferirían evidentemente en la propagación de ondas. Sin embargo, para crear propiedades homogéneas de propagación se prefiere llenar todo el canal 5, 6, 7 de un dieléctrico. En este sentido es adecuada, por ejemplo, una masa de relleno a base de poliuretano.

La figura 4 muestra una forma alternativa de realización de un husillo 1 de trabajo según la invención. A diferencia de la forma de realización según la figura 3, aquí no está previsto un taladro 5 en dirección axial del husillo 1 de trabajo, sino que el taladro 6, que discurre en dirección radial, se extiende en el husillo 1 de trabajo hasta una cavidad frontal en forma de cono hueco, en la que engrana con ajuste exacto una sección en forma de cono truncado de la herramienta 4 (o, dado el caso, de un portaherramientas) en el estado de sujeción. Ésta es la única diferencia respecto a la primera forma de realización representada en la figura 3. Por tanto, los componentes iguales están identificados con los mismos números de referencia en las figuras 3 y 4.

La inclinación de la superficie exterior cónica de la herramienta 4 respecto a la dirección axial del husillo 1 de trabajo es usualmente muy pequeña y, por tanto, apenas se puede reconocer en la figura 4. La posición ligeramente inclinada de la sección superficial de la herramienta 4, que actúa como superficie de reflexión, apenas influye, por tanto, en la reflexión de la onda incidente. Para evitar esta posición inclinada de la superficie de reflexión, la sección de la herramienta 4, que engrana en el husillo 1 de trabajo, puede estar moldeada de forma cilíndrica a lo largo de un pequeño tramo a la altura del taladro 6 o los taladros 6 y 7 pueden discurrir en un ángulo correspondiente de inclinación respecto a la dirección radial del husillo 1 de trabajo, de modo que el taladro 6 se une en vertical con la superficie cónica exterior de la herramienta 4. La variante mencionada en último lugar tiene la ventaja de que no es necesaria ninguna modificación en la herramienta 4. En caso necesario, la antena del sistema 11 de radar se puede adaptar al desarrollo inclinado del taladro 7, es decir, se puede orientar asimismo con una ligera inclinación.

La ventaja de la segunda forma de realización según la figura 4 radica en la fabricación más simple debido a la eliminación del taladro axial 5 y en el hecho de que no es necesaria una desviación en 90° de la propagación de

ondas. Esta última va asociada a una reflexión parcial, no deseada, de la onda irradiada en el punto de desviación. La forma geométrica del punto de desviación tampoco se puede seleccionar libremente, sino que se predefine mediante la forma puntiaguda de las brocas usadas para realizar los taladros 5 y 6, por lo que no es posible optimizar el punto de desviación para minimizar la reflexión parcial.

- 5 Para controlar la posición plana de la herramienta se han de realizar mediciones de distancia en varios puntos, es decir, en al menos tres puntos repartidos preferentemente de manera uniforme en la superficie frontal o en la circunferencia del husillo 1 de trabajo y comparar los valores de medición entre sí a fin de determinar si la herramienta 4 (o un portaherramientas) está sujeta de forma recta o inclinada en correspondencia con la figura 2.
- 10 Este último caso se expresa en distancias diferentes de las superficies de reflexión respecto a los extremos, situados del lado de la herramienta, de los taladros 5 en la primera forma de realización o de los taladros 6 en la segunda forma de realización.

- 15 Para la realización simultánea de mediciones en distintos puntos se necesita una cantidad correspondiente de sistemas 11 de radar, es decir, al menos tres. En este caso, no sólo en el husillo 1 de trabajo han de estar previstos varios taladros 5 y/o taladros 6 respectivamente, sino que también en el anillo 8 de cierre del estator 9 ha de estar prevista una cantidad correspondiente de taladros 7 alineados respectivamente con los taladros 6, así como cavidades para la disposición de los sistemas 11 de radar. Las dimensiones de todas las distancias de la herramienta 4 en los puntos individuales de medición están disponibles todas a la vez en este caso y se pueden
- 20 comparar inmediatamente entre sí para determinar el contacto plano de la herramienta.

- En principio es posible también usar un único sistema 11 de radar. En este caso, en el anillo 8 de cierre del estator 9 es suficiente un único taladro 7 que en posiciones angulares distintas predeterminadas del husillo 1 de trabajo se alinea respectivamente con uno de los taladros 6 existentes en éste. Las distintas mediciones de distancia se han de
- 25 llevar a cabo en este caso de forma secuencial y las dimensiones de las respectivas distancias se han de almacenar temporalmente con el fin de poder llevar a cabo una comparación para determinar el contacto plano de la herramienta después de realizarse las mediciones en todos los puntos individuales de medición. Una ventaja del uso de un único sistema 11 de radar radica en que las variaciones estáticas de las propiedades de varios sistemas 11 de radar del mismo tipo entre sí no pueden ocasionar ningún error de medición.

- 30 Para poder controlar también el contacto plano de la herramienta durante el mecanizado de una pieza de trabajo es conveniente detectar la posición angular del husillo 1 de trabajo a fin de realizar temporalmente una medición de distancia en determinadas posiciones angulares, a saber exactamente cuando los taladros radiales 6 en el husillo 1 de trabajo se alinean aproximadamente con los taladros radiales 5 en el anillo 8 de cierre del estator 9 o cuando en
- 35 cada caso uno de los taladros radiales 6 en el husillo 1 de trabajo se alinea aproximadamente con el único taladro radial 5 en el anillo 8 de cierre del estator 9 en caso de usarse un único sistema 11 de radar. Se entiende que el intervalo de tiempo, disponible para una medición, es más corto mientras mayor sea la velocidad de giro del husillo 1 de trabajo.

- 40 Al existir velocidades de giro muy altas del husillo 1 de trabajo se puede acortar el intervalo de tiempo disponible de tal modo que no resulta posible la medición de distancia. En este caso, el control del contacto plano se puede llevar a cabo después de un cambio de herramienta antes de ponerse en marcha el husillo 1 de trabajo al moverse primero el husillo 1 de trabajo mediante el control de la máquina hacia la posición angular necesaria para la medición y detenerse en ésta para la medición. En caso de usarse un único sistema 11 de radar, el husillo 1 de trabajo se ha de
- 45 mover de manera sucesiva hacia varias posiciones angulares, en las que se realiza respectivamente una medición de distancia. Se entiende que para este tipo de control del contacto plano al estar parado el husillo de trabajo es indispensable una medición del valor absoluto de la posición angular del husillo 1 de trabajo.

- En la evaluación eléctrica de las señales de medición, sólo es importante para el control del contacto plano la igualdad de las distancias, medidas en los distintos puntos de medición, de la herramienta 4 o del portaherramientas desde los extremos, situados del lado de la herramienta, de los taladros 5 ó 6. Por consiguiente, no es necesaria una determinación exacta de los valores absolutos de las distancias. La figura 5 muestra en forma de un diagrama de bloques una posibilidad de realización de una medición comparativa del tipo que interesa, basándose aquí en una variante para la medición simultánea de distancia con tres sistemas distintos de radar 11A, 11B y 11C.

- 55 El sistema 11A de radar presenta una antena combinada 12 de emisión y recepción conectada a un circulador 13. El circulador 13 está unido con una entrada de un mezclador 14. La salida del mezclador 14 está unida con la entrada de un elemento ajustable 15 de retardo. Su salida está unida con la entrada de un filtro 16 de paso bajo. La señal de salida del filtro 16 de paso bajo es simultáneamente la señal de salida del sistema 11A de radar. Una tercera conexión del circulador 13, así como una segunda entrada del mezclador 14 están unidas conjuntamente con la salida de un oscilador controlado por tensión 17 (VCO = Voltage Controlled Oscillator), al que se alimenta una tensión  $V_C$  de control en forma de diente de sierra para variar su frecuencia. Los tres sistemas de radar 11A, 11B y 11C tienen una construcción idéntica, por lo que sus componentes se explican aquí sólo por medio de un sistema 11A. Al VCO 17 están conectados también los circuladores y mezcladores de los otros dos sistemas 11B y 11C en
- 60 paralelo al circulador 13 y al mezclador 14 del sistema 11A.
- 65

Mediante el circulador 13 se almacena la señal emitida por el VCO 17 como señal de emisión a la antena 12 y la señal de reflexión, recibida por la antena, se alimenta al mezclador 14. Mediante la multiplicación aquí con la señal de emisión del VCO 17 y el filtrado mediante el filtro 16 de paso bajo se demodula la señal de reflexión recibida, estando contenida la información sobre la distancia de interés entre la superficie de reflexión y la antena 12 en la posición de fase de la señal demodulada. Esto significa que al existir la misma distancia entre las tres superficies de reflexión y la respectiva antena, los tres sistemas de radar 11A, 11B y 11C suministrarían señales idénticas en su salida.

Debido a desviaciones inevitables, en especial diferencias de tiempo de tránsito entre los tres sistemas 11A, 11B y 11C entre sí, así como los tres canales 5, 6, 7 ó 6, 7 de guía de ondas entre sí, también del mismo tipo, pero separados, las posiciones de fase de las señales de salida de los tres sistemas 11A, 11B y 11C tampoco serían iguales en la práctica aunque existiera un contacto plano perfecto de la herramienta 4 en el husillo 1 de trabajo. Para poder compensar estas desviaciones está previsto en el sistema 11A el elemento 15 de retardo, cuyo tiempo de retardo se puede ajustar. Un total de tres elementos ajustables de retardo, es decir, uno en cada uno de los sistemas 11A, 11B y 11C, como aparece representado en la figura 5, da más grados de libertad que los necesarios para compensar las diferencias de tiempo de tránsito entre los sistemas 11A, 11B y 11C. Por tanto, es suficiente ajustar un tiempo de retardo en dos de los tres elementos de retardo. El tiempo de retardo seleccionado del tercero puede ser cero o se podría prescindir de un elemento de retardo en uno de los sistemas de radar 11A, 11B y 11C.

El procesamiento de señal para la comparación de las tres señales de distancia obtenidas consiste según la figura 5 en una digitalización de cada una de estas señales mediante un respectivo D-Flipflop 18, un enlace de las señales digitalizadas de esta forma en una puerta EXOR 19 y una comparación final de la tensión de salida de la puerta EXOR con un umbral ajustable de frecuencia  $V_R$  en un circuito comparador 20, cuya señal de salida indica finalmente si el contacto plano de la herramienta 4 en el husillo 1 de trabajo es correcto o no. Mientras que el ajuste de los elementos de retardo se podría llevar a cabo también en el estado abierto, es decir, sin una herramienta sujeta, la tensión umbral  $V_R$  se ajusta en cualquier caso con la herramienta sujeta al existir un contacto plano perfecto de ésta en el husillo 1 de trabajo.

La figura 6 muestra otra forma de realización de la invención que usa un tipo de medición de distancia diferente a la realizada mediante la posición de fase de una señal reflectada de radar y cuya representación corresponde a una sección de la zona superior izquierda de la figura 3. Por tanto, los componentes iguales están identificados en la figura 6 con los mismos números de referencia de la figura 3. A diferencia de la primera forma de realización según la figura 3, en este caso se toma la potencia suministrada por el sistema 11 de radar al canal 5, 6, 7, que actúa como guía de ondas, o el coeficiente de reflexión como medida de la distancia de la superficie de reflexión.

Para aumentar la sensibilidad es conveniente aquí configurar el taladro 5 de modo que se produzca una resonancia lo más pronunciada posible, lo que aparece representado esquemáticamente en la figura 6 mediante la ampliación del taladro 5 en su extremo situado del lado de la herramienta en forma de una cámara 5A. De este modo se puede realizar un circuito resonante de alta calidad, cuya frecuencia de resonancia depende de la posición de la superficie trasera de apoyo de la herramienta 4 respecto al husillo 1 de trabajo. Se entiende que para el diseño de este circuito resonante se ha de tener en cuenta también, además de los taladros 5, 6, 7 y la cámara 5A, la influencia del espacio 10 de aire que existe entre el anillo 8 de cierre del estator y el husillo rotatorio 1 de trabajo y en el que los taladros 6 y 7 finalizan alineados entre sí. Un circuito resonante de este tipo queda fuera de sintonía incluso con una ligera desviación de la posición de la herramienta 4 respecto a un contacto plano perfecto en la superficie 2 de apoyo del husillo 1 de trabajo, lo que se puede detectar con facilidad.

La figura 7 muestra una disposición de circuito adecuada en este sentido. Para determinar el coeficiente de reflexión se ha de conocer la relación de la potencia de la señal reflectada respecto a la de la señal irradiada. Un porcentaje definido de la señal emitida por un oscilador 21 se desacopla mediante un primer acoplador direccional 22 y se alimenta a un primer detector 23. La parte restante A de la señal emitida por el oscilador se irradia mediante una antena, no representada en la figura 7, al canal 5, 6, 7 que actúa como guía de ondas y en cuyo extremo, es decir, en el extremo de la cámara 5A que forma el cierre del taladro 5, ésta es reflectada por la herramienta 4. Una parte definida de la señal reflectada B se desacopla mediante un segundo acoplador direccional 24 y se alimenta a un segundo detector 25.

Los detectores 23 y 25 emiten señales que representan medidas respectivas de las potencias de la señal irradiada al canal 5, 6, 7 y de la señal reflectada por el canal 5, 6, 7. En una unidad 26 de evaluación se forma la relación de las dos señales de medición que en caso de resonancia asume un valor extremo. Como en el circuito descrito arriba según la figura 5, se ha de llevar a cabo también aquí una calibración. En este caso, la frecuencia del oscilador 21 se ajusta en caso de un contacto plano perfecto de la herramienta 4 en la superficie 2 de apoyo del husillo 1 de trabajo de modo que impera la resonancia. En caso de una desviación de posición de la herramienta 4 se produce un gran cambio de la relación de las dos señales de medición. Esta relación se compara con un valor umbral ajustable mediante un comparador existente en la unidad 26 de evaluación. Sobrepasar o no alcanzar este valor umbral indica finalmente si el contacto plano de la herramienta 4 en el husillo 1 de trabajo es correcto o no.

Aunque en este caso se mide la coincidencia de la posición absoluta de la herramienta 4 con una posición nominal y, por tanto, un único punto de medición suministra información sobre la exactitud de la posición de la herramienta, se pueden prever varios puntos de medición para aumentar la fiabilidad. Esto significa una multiplicación correspondiente del circuito completo representado en la figura 7, así como la puesta a disposición adicionalmente de una unidad común de evaluación que recibe y evalúa de manera conjunta las señales de salida de las unidades individuales 26 de evaluación.

Sin embargo, la aplicabilidad de la presente invención no se limita de ningún modo al control del contacto plano de herramienta. Más bien, la invención permite medir y controlar posiciones, relevantes para el funcionamiento, de distintos elementos de máquina de una máquina de mecanizado. La figura 8 muestra un ejemplo al respecto. En ésta, una parte de un dispositivo 27 de sujeción de herramienta para sujetar una herramienta o un portaherramientas junto a o en un husillo de trabajo de una máquina de mecanizado está representada en la posición de sujeción. En esta posición, un paquete de resorte de disco no mostrado ejerce una fuerza F sobre una barra 28 de tracción montada de forma desplazable, de la que sólo se puede observar en la figura 8 el extremo trasero opuesto al alojamiento de herramienta, tampoco mostrado, y mantiene la barra 28 de tracción en la posición mostrada en la figura 8. Un acoplamiento mecánico entre la barra 28 de tracción y los segmentos de pinza de sujeción del alojamiento de herramienta asegura en esta posición la sujeción de una herramienta o un portaherramientas en el alojamiento de herramienta.

De forma contigua axialmente al extremo de la barra 28 de tracción está dispuesto un cilindro hidráulico 29 con un espacio interior anular, en el que está montado de forma desplazable un pistón anular 30, el llamado pistón 30 de liberación de herramienta. El pistón 30 de liberación de herramienta se encuentra en la posición de sujeción según la figura 8 en el extremo trasero de su zona de movimiento y está en contacto mediante su lado frontal trasero con un tope 31. Una cámara delantera 32 en el cilindro hidráulico 29 está llena en este caso de un líquido a presión y presiona el pistón 30 de liberación de herramienta contra el tope 31. El pistón 30 de liberación de herramienta presenta una sección 33 en forma de cilindro hueco que se extiende en dirección de la barra 28 de tracción y que, sin embargo, en esta posición del pistón 30 de liberación de herramienta se encuentra a una distancia del extremo trasero de la barra 28 de tracción.

Para liberar la herramienta o el portaherramientas, el pistón 30 de liberación de herramienta se desplaza en dirección axial en contra de la barra 28 de tracción con respecto a la posición de sujeción de la figura 8 mediante el llenado de una cámara trasera 34 en el cilindro hidráulico 29 con un líquido a presión, de modo que el extremo delantero de la sección cilíndrica hueca 33 del pistón 30 de liberación de herramienta se encuentra en contacto con el extremo trasero de la barra 28 de tracción y ejerce una fuerza opuesta, dirigida en contra de la fuerza F del paquete de resorte de disco, sobre la barra 28 de tracción. Este movimiento de la sección cilíndrica hueca 33 está indicado en la figura 8 mediante líneas discontinuas. La barra 28 de tracción se desplaza así con respecto a la posición de sujeción de la figura 8 en dirección axial, a saber en la representación de la figura 8 hacia la izquierda, en dirección del alojamiento de herramienta, mediante lo que los segmentos de pinza de sujeción liberan la herramienta o el portaherramientas y es posible un cambio de herramienta.

Como la barra 28 de tracción gira durante el funcionamiento del husillo de trabajo, pero el pistón 30 de liberación de herramienta está parado, es de interés controlar la posición del pistón 30 de liberación de herramienta, en especial comprobar si éste se encuentra o no en la posición extrema según la figura 8 y, por tanto, a una distancia de la barra 28 de tracción. La llegada del pistón 30 de liberación de herramienta a esta posición extrema mencionada es un indicio seguro de la existencia del estado de sujeción, en el que el husillo de trabajo se puede volver a poner en marcha después de un cambio de herramienta.

Según la invención, en el cilindro hidráulico 29 está previsto un canal compuesto de un taladro 35 que discurre en dirección axial y un taladro 36 que discurre en dirección radial. El taladro 36 termina en una cavidad configurada en el lado exterior del cilindro hidráulico 29. La función de los taladros 35 y 36 corresponde a la de los taladros 5 y 6 de los ejemplos de realización mostrados en las figuras 3 y 4, es decir, estos actúan como guía de ondas para una señal de radar irradiada por un sistema 37 de radar, instalado en la cavidad en el lado exterior del cilindro hidráulico 29, y reflectada en el lado trasero del pistón 30 de liberación de herramienta. A fin de posibilitar un establecimiento de la presión en la cámara 34, el canal 35, 36 está lleno de un dieléctrico al menos en la zona del taladro 35, pero con preferencia completamente.

Para crear una superficie de reflexión lo más cercana posible al extremo del taladro 35, un resalto 38 se extiende en dirección del taladro 35 desde el lado trasero del pistón 30 de liberación de herramienta en la zona opuesta al taladro 35. Este resalto 38 cubre el taladro 35 con una superficie que está situada en vertical al eje del taladro 35 y que en la posición mostrada del pistón 30 de liberación de herramienta se encuentra sólo a una distancia muy pequeña del extremo del taladro 35, así como se apoya directamente sobre el cilindro hidráulico. En el último caso mencionado, el contacto del resalto 38 con el cilindro hidráulico 29 limita el movimiento del pistón 30 de liberación de herramienta hacia atrás y sustituye el tope 31 que ya no es necesario. El resalto 38 debería tener, no obstante, una forma radialmente simétrica respecto al eje del pistón 30 de liberación de herramienta para garantizar una distribución radialmente simétrica de la fuerza al apoyarse el pistón 30 de liberación de herramienta en el lado

trasero.

Es evidente que mediante la irradiación de una señal de radar al canal 35, 36 y la medición de la señal reflejada en el resalto 38 se puede medir la posición del pistón 30 de liberación de herramienta y comprobar en especial si éste se encuentra o no en la posición extrema trasera, mostrada en la figura 8, que corresponde a la posición de sujeción del dispositivo de sujeción de herramienta. En esta aplicación de la invención, la diferencia entre las posiciones de la superficie de reflexión en las dos posiciones extremas del pistón 30 de liberación de herramienta, es decir, en la posición extrema trasera mostrada en la figura 8 y en la posición extrema delantera que corresponde a la posición de liberación del dispositivo de sujeción de herramienta, es esencialmente mayor que en el control del contacto plano de herramienta, descrito arriba, en el que se ha de reconocer una inclinación mínima de la herramienta. Por tanto, los requisitos relativos a la precisión de la medición de distancia de radar son esencialmente menores en este caso de aplicación.

Como método de medición se tiene en cuenta también tanto una medición de fase, como en la que se basa el circuito según la figura 5, como una medición del coeficiente de reflexión en correspondencia con el circuito según la figura 7. No obstante, en comparación con el circuito según la figura 5 se omite la comparación prevista aquí entre las señales de varios puntos de medición. De manera análoga a la forma de realización según la figura 6, para la medición del coeficiente de reflexión el extremo del taladro 35 puede estar ampliado también aquí para crear una cámara de forma adecuada con el fin de configurar un resonador de guía de ondas y crear un circuito resonante que se opera en resonancia y se desintoniza al separarse el pistón 30 de liberación de herramienta de su posición extrema trasera.

A partir de la descripción precedente se derivan para el técnico distintas posibilidades de modificación de la invención. Así, por ejemplo, el pistón 30 de liberación de herramienta no es el único elemento de máquina en el entorno del husillo 1 de trabajo o de un dispositivo 27 de sujeción de herramienta, cuya posición se puede controlar mediante la aplicación de la presente invención. Se podría controlar también, por ejemplo, la posición de la barra 28 de tensión y para esto se podría prever un canal, que actúe como guía de ondas, y un sistema de radar en otro punto adecuado. Asimismo, uno de los taladros no tiene que discurrir necesariamente en dirección radial respecto al eje del husillo 1 de trabajo o del dispositivo 27 de sujeción de herramienta, sino que podría ser suficiente también en determinadas circunstancias un taladro en dirección puramente axial, dependiendo de las formas, definidas por las funciones mecánicas, de los elementos, a través de los que se ha de guiar la señal de radar. Además, para la aplicación de la invención para el control del contacto plano de herramienta no es determinante si el objeto, cuya posición se va a medir, es la propia herramienta o un portaherramientas determinado, por su parte, para alojar una herramienta. Tampoco es determinante para la aplicación de la invención para el control del estado de sujeción de la herramienta si el movimiento de la barra 28 de tensión se acciona de manera hidráulica o neumática o por electromotor, como muestra la figura 8. Éstas y otras modificaciones comparables de la invención deben estar comprendidas dentro del ámbito de protección de las reivindicaciones.

# REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para controlar la posición de una herramienta (4) o un elemento (30) de máquina junto a o en un husillo (1) de trabajo o un dispositivo (27) de sujeción de herramienta, en especial en una máquina de mecanizado, **caracterizado porque** el husillo (1) de trabajo o el dispositivo (27) de sujeción de herramienta presenta al menos un canal (5, 6, 7; 35, 36) que define una guía de ondas que es adecuada para la propagación de ondas electromagnéticas y que conduce de una superficie exterior del husillo (1) de trabajo o del dispositivo (27) de sujeción de herramienta hasta la herramienta (4) o el elemento (30) de máquina y porque está previsto al menos un sistema (11; 37) de radar y está dispuesto por fuera del husillo (1) de trabajo o del dispositivo (27) de sujeción de herramienta de modo que es capaz de irradiar una señal de radar a partir de la superficie exterior hacia el canal (5, 6, 7; 35, 36) y recibir una señal de radar reflectada desde el canal (5, 6, 7; 35, 36), y porque el sistema (11; 37) de radar está unido con un dispositivo (18, 19, 20; 26) de procesamiento de señales que por medio de al menos una señal de radar irradiada hacia el canal (5, 6, 7; 35, 36) y reflectada desde el canal (5, 6, 7; 35, 36) determina una medida para la posición de la herramienta (4) o del elemento (30) de máquina respecto al husillo (1) de trabajo o al dispositivo (27) de sujeción de herramienta.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el sistema (11) de radar es capaz de irradiar una señal de radar y recibir una señal reflectada de radar en al menos una posición angular predeterminada del husillo (1) de trabajo.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** el husillo (1) de trabajo presenta una pluralidad de canales (5, 6, 7) que finalizan en cada caso en una superficie (2), en la que el husillo (1) de trabajo está en contacto con la herramienta (4) o un portaherramientas en caso de una sujeción correcta de la herramienta y porque el dispositivo (18, 19, 20) de procesamiento de señales determina una medida para la posición de la herramienta (4) o del portaherramientas respecto a la superficie (2) por medio de una comparación de las señales de radar reflectadas desde los distintos canales (5, 6, 7) y las señales derivadas de aquí.
4. Dispositivo según la reivindicación 3, **caracterizado porque** al menos tres canales (5, 6, 7) están dispuestos de manera repartida espacialmente en el lado frontal y/o en la circunferencia del husillo (1) de trabajo.
5. Dispositivo según la reivindicación 3 ó 4, **caracterizado porque** están previstos varios sistemas (11A, 11B, 11C) de radar del mismo tipo y dispuestos de modo que al menos en una posición angular predeterminada del husillo (1) de trabajo se pueden irradiar simultáneamente señales de radar y recibir señales reflectadas de radar en varios canales (5, 6, 7).
6. Dispositivo según la reivindicación 3 ó 4, **caracterizado porque** está previsto un único sistema (11) de radar dispuesto de modo que se pueden irradiar señales de radar y recibir señales reflectadas de radar en distintos canales (5, 6, 7) sucesivamente en distintas posiciones angulares predeterminadas del husillo (1) de trabajo, porque el dispositivo (18, 19, 20; 26) de procesamiento de señales presenta una memoria, en la que se almacenan señales reflectadas de radar recibidas o señales derivadas de esto, y porque la comparación de las señales de radar reflectadas desde los distintos canales (5, 6, 7) o las señales derivadas de esto se lleva a cabo mediante el uso de las señales almacenadas en la memoria.
7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 6, **caracterizado porque** el dispositivo (18, 19, 20; 26) de procesamiento de señales está unido con un dispositivo de medición que emite una señal que indica la posición angular del husillo (1) de trabajo y porque el dispositivo (18, 19, 20; 26) de procesamiento de señales determina la medida para la posición de la herramienta (4) con respecto al husillo (1) de trabajo si esta señal indica la existencia de la posición angular predeterminada.
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 7, **caracterizado porque** el al menos un canal (5, 6, 7) comprende al menos una sección (7) en un elemento fijo (8) de máquina y al menos una sección (6, 7) en el husillo rotatorio (1) de trabajo que se alinean entre sí al menos en una posición angular predeterminada del husillo (1) de trabajo.
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** el al menos un canal (5, 6, 7; 35, 36) está lleno de un dieléctrico al menos a lo largo de una parte de su longitud, partiendo del extremo, desde el que la señal reflectada de radar se propaga hacia el canal (5, 6, 7; 35, 36).
10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** el al menos un canal (5, 6, 7; 35, 36) consta de al menos dos taladros (5, 6; 35, 36) de distintas direcciones, de los que al menos un taladro (6; 36) presenta una componente de dirección radial respecto al eje del husillo (1) de trabajo o del alojamiento (27) de herramienta.
11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** la posición de fase de la señal de salida del al menos un sistema (11) de radar depende de la distancia de una superficie de la herramienta

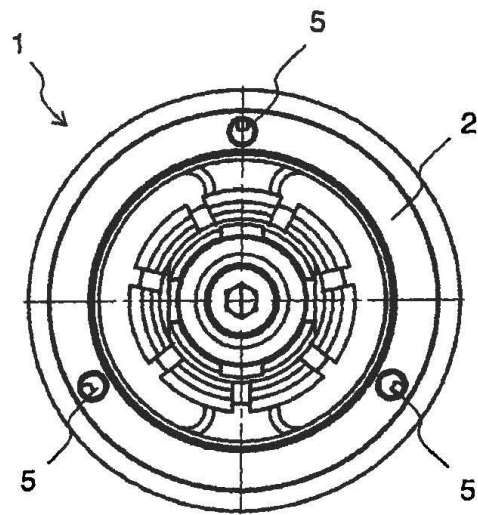
(4) o del elemento (30) de máquina respecto a la antena (12) del sistema (11) de radar.

12. Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado porque** están previstos varios sistemas (11A, 11B, 11C) de radar del mismo tipo, cuyas salidas están unidas respectivamente con la entrada de un D-Flipflop (18),  
5 porque las salidas del D-Flipflop (18) están unidas con las entradas de una puerta EXOR (19) y porque la salida de la puerta EXOR (19) está unida con la entrada de un circuito comparador (20).

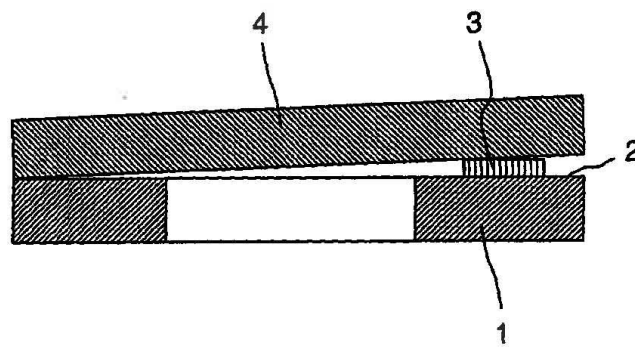
13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** el canal (5, 6, 7; 35, 36) está diseñado como resonador de guía de ondas, cuya frecuencia de resonancia depende de la distancia de una  
10 superficie de la herramienta (4) o del elemento (30) de máquina respecto a su extremo.

14. Dispositivo según la reivindicación 13, **caracterizado porque** está previsto un dispositivo para determinar y evaluar el coeficiente de reflexión, que se origina al irradiarse una señal de radar hacia el canal (5, 6, 7; 35, 36), que presenta dos acopladores direccionales (22, 24) para desacoplar respectivamente un porcentaje  
15 definido de la señal de radar irradiada y reflectada, dos detectores (23, 25), unidos en cada caso con uno de los acopladores direccionales (22, 24), para medir las potencias de los porcentajes desacoplados de señal y un dispositivo (26) de procesamiento de señales que está unido con las salidas de ambos detectores (23, 25), determina el coeficiente de reflexión a partir de las señales de salida de ambos detectores (23, 25) y lo compara con un valor umbral.  
20

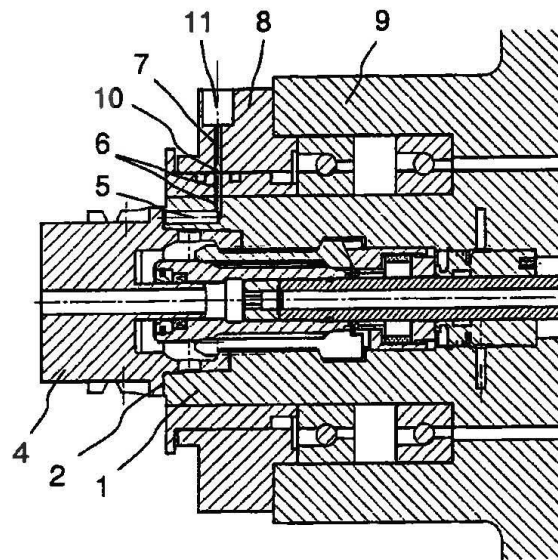
15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado porque** el elemento (30) de máquina es un elemento de accionamiento, cuyo movimiento provoca la liberación o sujeción de la herramienta (4) o de un portaherramientas en un alojamiento de herramienta.



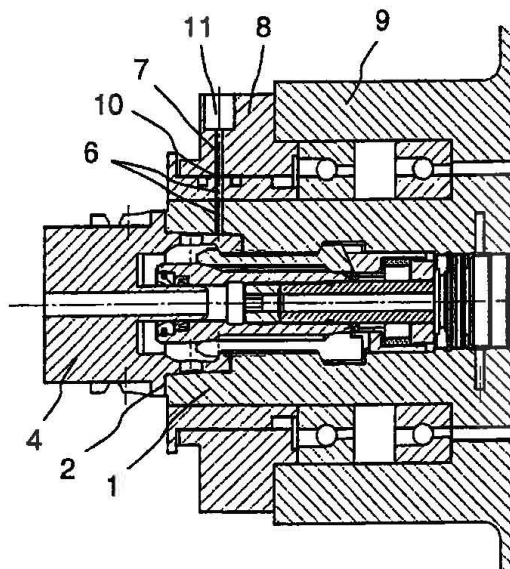
**Fig. 1**



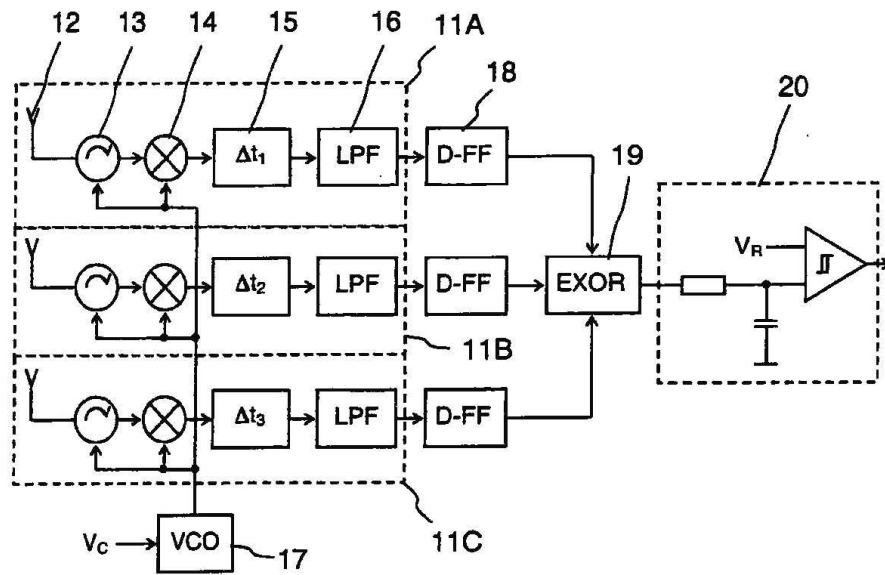
**Fig. 2**



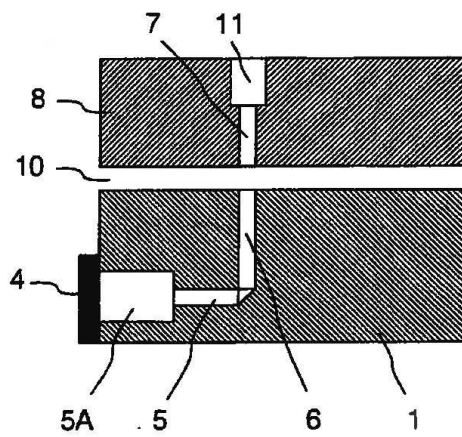
**Fig. 3**



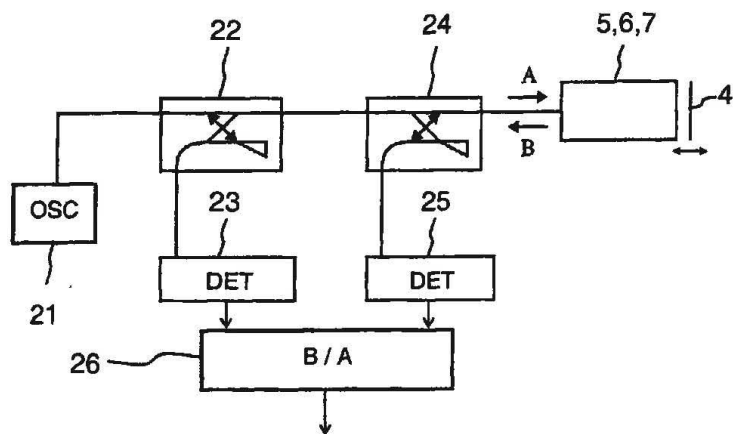
**Fig. 4**



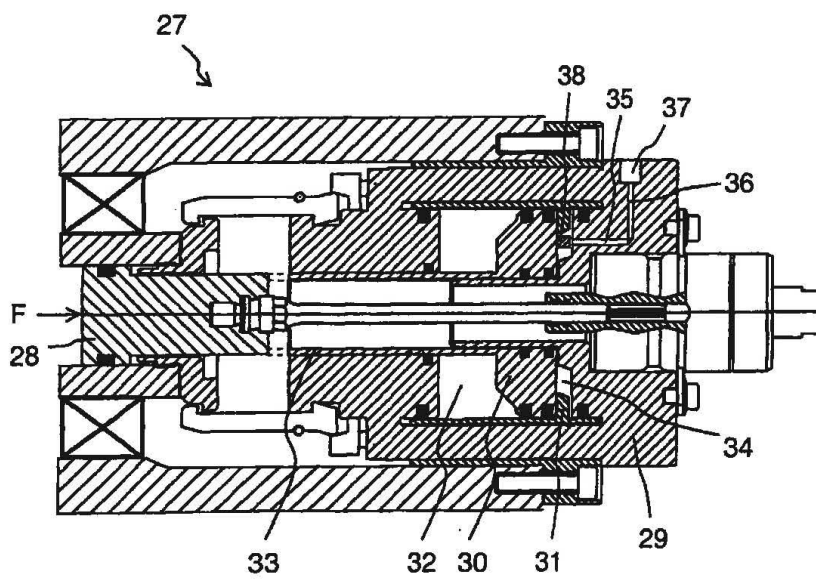
**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**