



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 936**

51 Int. Cl.:
B23Q 17/09 (2006.01)
B21D 22/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07118993 .0**
96 Fecha de presentación : **22.10.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2052810**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.04.2009**

54 Título: **Soporte de herramientas y método de formación incremental de láminas utilizando el mismo.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.04.2011

73 Titular/es: **EADS DEUTSCHLAND GmbH**
Willy-Messerschmitt-Strasse
85521 Ottobrunn, DE
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
Angewandten Forschung e.V.

72 Inventor/es: **Brunner, Bernhard;**
Merk, Johannes;
Biehl, Saskia y
Zettler, Joachim

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 356 936 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

La invención está relacionada con un soporte de herramientas que comprende un primer dispositivo sensor para detectar una fuerza axial. Además, la invención está relacionada con un método de formación incremental de láminas, utilizando tal soporte de herramientas.

5 La formación incremental de láminas (o ISF) es una técnica de formación de metales laminares donde se forma una lámina en la pieza de trabajo final, mediante una serie de pequeñas deformaciones incrementales. En la mayoría de las aplicaciones, el metal laminar se forma mediante una herramienta con punta redondeada. Tales herramientas tienen típicamente un diámetro de 5 a 20 mm. Se puede unir una herramienta a una máquina CNC un brazo robótico o cualquier maquinaria similar por medio de un soporte de herramientas adecuado. La maquinaria desplaza la
10 herramienta anexa de forma tal que se adentra en la lámina en una pequeña distancia, por ejemplo de alrededor de 1 mm, y después sigue el contorno de la pieza deseada. La herramienta sigue adentrándose después y dibuja el contorno siguiente de la pieza en la lámina y continúa haciéndolo hasta que se forma la pieza completa.

15 Se pueden encontrar explicaciones detalladas de métodos actuales de formación incremental de láminas en el artículo de J. Allwood, K. Jackson: "Introducción a la formación incremental de láminas" en Cambridge, Instituto para la fabricación, Universidad de Cambridge, artículos del taller CMI sobre láminas intercaladas, 21 de Junio de 2005, y en la presentación de K. Jackson Formación incremental de láminas, presentación en Power Point de 01 de Diciembre de 2005. Ambas presentaciones estuvieron disponibles en Internet durante Septiembre de 2007 y muestran la máquina Cambridge para la formación incremental de láminas. En esta máquina, el vector de fuerza total de la herramienta se mide montando la pieza de trabajo sobre seis células dinámométricas de 10 kN para evitar momentos dinámométricos o
20 sobrelimitaciones.

Otras explicaciones del Formación Incremental de Láminas están descritas en el documento WO 2006/110962 A1.

En el campo del trabajo con metales, se conoce cómo equipar soportes de herramientas con sensores.

25 El documento US 4 890 360 A divulga un soporte de herramientas para supervisar el tiempo de servicio de una herramienta sujeta a en soporte de herramientas. Se dispone un sensor y un circuito eléctrico para determinar si se ejecuta o no la operación de mecanizado de la herramienta. El sensor es un sensor de aceleración para detectar la aceleración a lo largo de una dirección normal R (fuerza centrífuga).

El documento US 4 671 147 A divulga un soporte de herramienta instrumental en el que hay incrustado un sensor de fuerza en una inserción de corte.

30 Por el documento JP 620 546 52 AA, se conoce un soporte de herramientas que tenga un sensor de fuerza axial que permite la medición de una fuerza axial que opera sobre una herramienta directamente desde un lado de la herramienta.

35 El documento DE 29 068 92 A1 divulga una herramienta que ha de utilizarse con un soporte de herramientas. Hay unido un sensor a una superficie final de la herramienta para medir fuerzas reales. Hay unidos otros sensores a superficies laterales de la herramienta para medir fuerzas radiales. Así, el documento DE 29 068 92 A1 divulga una herramienta que comprende un primer dispositivo sensor para detectar una fuerza real y un segundo dispositivo sensor para detectar una fuerza lateral.

40 El documento US 3 602 090 A divulga un sistema de control de una máquina fresadora y un sensor de fuerza de la fresadora en la misma. La máquina fresadora tiene un soporte de herramientas en forma de husillo. Hay dispuesta una pluralidad de transductores alrededor de la periferia de una parte del husillo de la máquina para la medición de una deflexión lateral del husillo para medir fuerzas laterales. Se disponen transductores adicionales para la medición de distancias reales relativas a la extensión del diámetro grande del husillo para medir una fuerza real. Por tanto, el documento US 3 602 090 divulga un soporte de herramientas y un primer dispositivo sensor para detectar una fuerza real, así como un segundo dispositivo sensor para detectar una fuerza lateral, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.
45

50 El objeto de la presente invención es proporcionar un soporte de herramientas, especialmente para sujetar herramientas en los procesos de formación incremental de láminas, pero utilizables generalmente también en otros procesos de trabajo con metales y también en robótica, donde el soporte de herramientas permite la medición de fuerzas de trabajo de tal manera que cualquier carga o extralimitación en la herramienta o la pieza de trabajo puede ser medida de una manera sencilla y universal, de manera que se puedan controlar diferentes procesos de trabajo con metales y por tanto se puedan optimizar.

Para conseguir tal objeto, la invención proporciona un soporte de herramientas que tiene las características de la reivindicación 1 adjunta.

55 Un método de formación incremental de láminas que utiliza tal soporte de herramientas es objeto de otra reivindicación independiente.

Ventajosos modos de realización de la invención forman la materia objeto de las reivindicaciones dependientes.

La invención proporciona un soporte de herramientas que comprende un primer dispositivo sensor para detectar una fuerza axial y además un segundo dispositivo sensor para detectar al menos una fuerza lateral.

5 Por tanto, las fuerzas de trabajo pueden ser medidas en una dirección principal de trabajo. Especialmente, las fuerzas en la dirección del eje principal de la herramienta (por ejemplo, el eje z) pueden ser medidas por el primer dispositivo sensor. De acuerdo con la invención, se proporciona también un segundo dispositivo sensor para medir fuerzas laterales.

10 En tiempos recientes, los investigadores del Fraunhofer Institute para la Ingeniería de Superficies y Películas Delgadas IST, de Braunschweig, han desarrollado un sensor que puede supervisar continuamente fuerzas axiales sobre la herramienta de trabajo con metales. Por ejemplo, el sensor está formado principalmente por una capa de carbono que se aplica sobre un disco metálico delgado. Si la presión de tal recubrimiento de carbono aumenta, su resistencia eléctrica se desvanece. Especialmente, se puede fabricar una fina capa de un carbono similar al diamante con una alta resistencia al desgaste y una alta dureza. A diferencia de los muy conocidos medidores de esfuerzos y sensores piezoresistivos comunes, que detectan una deformación del sustrato base, este nuevo sensor se puede utilizar en una configuración completamente rígida sin ninguna unión elástica. Las películas de sensores se pueden fabricar directamente sobre partes relevantes de carga de un accionamiento y permiten por tanto sistemas de adaptación electrónica auto-orientable.

20 Consecuentemente, es preferible utilizar capas piezo-resistivas dentro del primer dispositivo sensor, para detectar la fuerza axial. Tal capa piezo-resistiva se hace preferiblemente a partir de una película de carbono amorfo similar al diamante. Tales películas de carbono son muy conocidas por sus excelentes propiedades tribológicas. Especialmente, las películas de carbono amorfo nano-estructuradas muestran un impresionante efecto piezo-resistivo que puede ser utilizado para la medición de cargas. Así, se puede conseguir una alta rigidez del sistema y una medición directa dentro del flujo de fuerzas entre la máquina y la punta de la herramienta. Los sensores de fuerza prefabricados que están equipados con tales películas y que pueden ser utilizados para establecer el primer dispositivo sensor, están disponibles en el Fraunhofer Institute IST bajo el nombre comercial "DialForce®".

25 Otros detalles y características de las películas de carbono similar al diamante que pueden ser utilizadas para formar los elementos sensores del primer dispositivo sensor, están divulgados en los documentos DE 10253178 B4 y EP 1057586 B1. Una gran ventaja de tal sensor es que la fuerza se puede medir en un entorno rígido y con un desplazamiento cercano a cero de la punta de la carga en dirección axial. Por tanto, la posición de la punta de la herramienta permanece bien definida, lo cual es una gran ventaja en procesos de trabajo con metales controlados por ordenador, tales como el ISF y la robótica. Más aún, se pueden transferir también cargas muy altas por y a través de tales sensores de fuerza, de manera que el sensor de fuerza puede estar localizado dentro de la ruta de transferencia de la carga o tren de potencia, y también como parte intermedia del tren de potencia.

30 Una de las ideas de la invención es una combinación de varios sensores, preferiblemente diferentes, para la medición de distancias o desplazamientos y/o fuerzas en un soporte de herramientas especialmente diseñado, para medir fuerzas laterales y axiales sobre la punta de la herramienta mientras se trabaja con la pieza de trabajo. Por ejemplo, una máquina herramienta o cualquier otra maquinaria adicional para realizar el proceso de trabajo o un robot pueden ser controlados como respuesta a las fuerzas laterales y axiales medidas.

35 En modos de realización preferidos, un sensor de DialForce®, desarrollado por Fraunhofer IST y disponible como un sensor de disco delgado, soporta las fuerzas axiales dirigidas paralelamente a la extensión de la herramienta. Los sensores de distancia y/o los sensores de desplazamiento están disponibles en el mercado, por ejemplo los sensores de campo giratorio, los sensores capacitivos de desplazamiento, los sensores inductivos de desplazamiento, los medidores de esfuerzos y/o los sensores ópticos, detectan cambios de la distancia entre partes excéntricas de dos elementos que sobresalen lateralmente. Preferiblemente, los elementos laterales están diseñados en forma de disco como placas dispuestas en paralelo una con la otra y además preferiblemente, se extienden perpendicularmente a la dirección axial en estado sin carga. La distancia entre los elementos que sobresalen lateralmente cambia cuando las fuerzas laterales actúan sobre la herramienta. De manera más general, el segundo dispositivo sensor detecta la cantidad de inclinación del soporte de la herramienta. Con una pluralidad de sensores de desplazamiento espaciados circunferencialmente, se puede detectar también la dirección de la inclinación. Alternativamente o adicionalmente a tales sensores de distancia o desplazamiento comercialmente disponibles, se puede utilizar una pluralidad de sensores de DialForce® (capas piezo-resistivas de carbono amorfo similar al diamante). Pueden ser necesarias modificaciones de piezas de montaje mecánico para la adaptación de la pluralidad de sensores de DialForce®.

40 El soporte de herramientas está diseñado preferiblemente de manera que puede ser ajustado a diversas maquinarias diferentes. Por ejemplo, se dispone una conexión de brida universal. Esto permite utilizar el soporte de herramientas no solamente en procesos de trabajo en frío, tales como la formación incremental de láminas, sino también en otras máquinas herramientas, tales como fresadoras, taladradoras, tornos o similares. Además, el soporte de herramientas puede ser utilizado en robótica para controlar el movimiento de una herramienta como respuesta a las cargas. Un soporte inteligente universal de herramientas de acuerdo con la invención permite, en una de esas utilizaciones, la medición de cargas que actúan sobre la herramienta y/o la pieza de trabajo durante el proceso de

trabajo.

En lo que sigue, se describen con detalle modos de realización preferidos de la invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es una vista en perspectiva que muestra un soporte inteligente de herramientas en un estado ya montado;

5 La figura 2 es una vista despiezada en perspectiva que muestra los componentes del soporte inteligente de herramientas de la figura 1;

La figura 3 es una vista ampliada en perspectiva que muestra una pieza intermedia del soporte de herramientas con medidores de esfuerzos unidos con adhesivo y sensores de desplazamiento para la medición de fuerzas dirigidas axialmente y fuerzas laterales, respectivamente;

10 La figura 4 es una vista esquemática de un robot al cual puede unirse el soporte de herramientas para efectuar, por ejemplo, un proceso de formación incremental de láminas;

La figura 5 es una vista esquemática frontal del soporte de herramientas en la dirección axial, en la que se ilustra la posición circunferencial de cuatro sensores de desplazamiento;

15 La figura 6 es una vista despiezada en perspectiva de un modo de realización adicional de una pieza intermedia de un soporte de herramientas de acuerdo con la invención; y

La figura 7 es una vista lateral ampliada de un segundo dispositivo sensor utilizado en el soporte de herramientas de acuerdo con la figura 6, en un estado ya montado.

20 Haciendo referencia a las figuras 1 a 3, se ilustra un primer modo de realización del soporte 10 de herramientas para montar una herramienta 12 en una maquinaria (por ejemplo un robot 54, como se ilustra en la figura 4) para efectuar una Formación Incremental de Láminas. La herramienta 12 está formada principalmente por una punta redondeada 14 de un troquel 16.

Como se ilustra en la figura 1, el soporte 10 de herramientas comprende un primer dispositivo sensor 18 para detectar fuerzas axiales dirigidas sobre el eje principal del troquel 16 y del soporte 10 de herramientas (eje z).

25 Además, el soporte 10 de herramientas comprende un segundo dispositivo sensor 20 cuyos componentes están ilustrados con más detalle en las figura 2 y 3. El segundo dispositivo sensor 20 está adaptado para medir fuerzas laterales sobre la punta 14 del troquel 16, en cualquier dirección lateral perpendicular a la dirección axial (dirección x y dirección y).

30 Haciendo referencia ahora a la figura 2, se ilustran los componentes principales del soporte 10 de herramientas. El soporte 10 de herramientas incluye un interfaz 22 de brida para la conexión del soporte 10 de herramientas con el robot 54 o a una máquina fresadora (ninguno de ellos ilustrado en las figuras 1 a 3), una pieza intermedia 24, y un tornillo de ajuste (no ilustrado). La pieza intermedia 24 conecta la herramienta 12 al interfaz 22 de brida y comprende el troquel 16 y el segundo dispositivo sensor 20.

35 El soporte inteligente 10 de herramientas para el proceso de formación incremental de láminas está diseñado tanto para la formación de una pieza metálica en bruto como para medir las fuerzas activas de formación, e incluye toda la tecnología de sensores para la prospección de componentes de la fuerza, mediante la medición de la desviación mecánica de la herramienta 12. Los componentes laterales (por ejemplo, los componentes x e y) del vector fuerza actúan sobre la punta 14 de la herramienta, originando una deflexión de todo el troquel 16, particularmente por deflexión de la parte intermedia 24. El troquel 16 está montado sobre el interfaz 22 de la brida (véase la figura 1) por una unión especial que incluye un primer y un segundo elementos lateralmente salientes, en este caso en forma de dos placas 28, 29, para el montaje de al menos tres sensores 1 - 4, que son los componentes principales del segundo dispositivo sensor 20. En el modo de realización ilustrado, el segundo dispositivo sensor comprende cuatro sensores 1, 2, 3 y 4.

40 El primer elemento que sobresale lateralmente está formado por una placa 28 de referencia. El segundo elemento que sobresale lateralmente está formado por una placa 30 de medición. Intercalado entre las placas de referencia y de medición 28, 30, hay una placa de deflexión, en este caso en forma de barra 32 que separa las dos placas 28, 30. La barra 32 tiene una rigidez significativamente reducida (véanse las figuras 2 y 3).

45 En el primer modo de realización, como se ilustra en las figuras 1 - 3, el segundo dispositivo sensor 20 tiene un sistema sensor 34 de campo giratorio que detecta la distancia cambiante entre las placas 28, 30.

Un módulo electrónico externo o de software (no ilustrado) convierte los datos entrantes en un valor de la fuerza, calculando la elongación real con las características del material.

50 El componente axial de la fuerza se mide de otra manera sin cambiar la distancia entre las dos placas 28, 30. El esfuerzo así originado en la herramienta 12 es medido por el primer dispositivo sensor 18, que incluye un sistema sensor piezo-resistivo 36, y que está integrado entre el troquel 16 y la punta recambiable 14 de la herramienta (véase la

figura 4), y una pluralidad de medidores 52 de esfuerzos aplicados sobre una zona debilitada. En un modo de realización de las figuras 1 a 3, el primer dispositivo sensor comprende tanto el sistema sensor piezo-resistivo 36 como los medidores 52 de esfuerzos, que son aplicados a la barra 32, véase la figura 3.

La parte intermedia 24 es apretada con su fijación cónica por medio del tornillo de ajuste en un receptáculo 40 de sujeción y está asegurado contra el retorcimiento por medio de disposiciones fresadas 42 en el extremo del cono 38 y dentro de la sujeción (véase la figura 4). Por eso, la herramienta 12 queda apretada en el interfaz de la brida.

Por tanto, es posible crear un interfaz 22 con alta flexibilidad de montaje en máquinas fresadoras comunes u otras máquinas herramientas integradas en el proceso de la ISF. Por ejemplo, es posible proporcionar un conjunto de interfaces 22 diferentes con bridas diferentes u otras estructuras de conexión para la adaptación a diferentes maquinarias.

En lo que sigue, se describirán en detalle las mediciones con el soporte 10 de herramientas integrado en un robot 54 adaptado para efectuar los procesos ISF.

El soporte 10 de herramientas incluye la herramienta fabricada, cuatro sensores 44 - 47 de desplazamiento por campo giratorio utilizados como sensores 1 - 4 del segundo dispositivo sensor 20, para medir la magnitud y la dirección de las fuerzas laterales (plano x - y), sensores 50 de DialForce® y medidores 52 de esfuerzos para medir las fuerzas z.

Al principio, los sensores 44 - 52 están montados en el soporte inteligente 10 de herramientas. La configuración detallada de los sensores 44 - 52 es visible en las figuras 1, 2, 3 y 5. Por tanto, el sensor 44 - 48 de desplazamiento por campo giratorio que forma los sensores 1 - 4, están circunferencialmente espaciados formando ángulos de 90° para medir el desplazamiento entre las dos placas 28, 30 en las partes radialmente más externas de las mismas en cuatros zonas. Dos sensores 44 y 46 de desplazamiento están situados sobre el eje y, y dos sensores 45 y 47 de desplazamiento están situados sobre el eje x, véase la figura 6. El sensor 50 del tipo DialForce® está dispuesto entre la punta intercambiable 15 de la herramienta y el troquel 16. Además, los medidores 52 de esfuerzos están pegados con adhesivo a la barra 32, como es visible en la figura 3. Los medidores 52 de esfuerzos son también parte del primer dispositivo sensor 18 para medir las fuerzas axiales.

La herramienta con los sensores 44 - 52 integrados está montada sobre un robot 54 de 6 ejes simultáneos. Un ejemplo de tal robot 54 está ilustrado en la figura 5.

Como se ilustra en la figura 5, los cuatros sensores 44 - 47 de desplazamiento están circunferencialmente espaciados en ángulos de 90°. Por tanto, se puede medir la inclinación o deflexión de la barra 32 en cualquier dirección.

En lo que sigue, se supone que actúa una fuerza vertical dirigida hacia abajo sobre la punta 14. Debido a la curvatura del troquel 16, más específicamente de la barra 32 que está formada integrada con el troquel 16, el sensor superior 1 (el primer sensor 44 de desplazamiento de campo giratorio) detecta entonces una distancia más ancha de la placa 30 de medición a la superficie objetivo de la placa 28 de referencia, el sensor inferior 3 (tercer sensor 46 de desplazamiento de campo giratorio, detecta una distancia menor a la superficie objetivo de la placa 28 de referencia, y los dos sensores laterales 2 y 4 (segundo y cuarto sensores 45 - 47 de campo giratorio), permanecen en su status quo.

Así, las fuerzas laterales que tienen una gama de magnitudes entre 10^0 y 10^3 , pueden medirse con el sistema 34 de sensores de corriente de desplazamiento.

Las pruebas con un prototipo del soporte de herramientas que tiene el sistema 34 de sensores de campo giratorio conduce a la conclusión de que todos los sensores 44 - 47 de desplazamiento de campo giratorio tienen una gama lineal o características lineales y son capaces de medir todas las fuerzas laterales que pueden ser esperadas en los procesos ISF o aplicaciones similares.

En conclusión, los resultados de cada sensor 44 - 47 de desplazamiento de campo giratorio son repetibles y presentan una relación específica de carga-a-tensión-de-salida tal que una tabla de consulta o un modelo matemático del comportamiento del sensor conduciría a una traslación de fuerzas adecuadamente precisa.

En lo que sigue, se describen las mediciones de las fuerzas axiales utilizando el sensor piezo-resistivo de DialForce®.

Como se ilustra en las figuras 1 y 3, el soporte 10 de herramientas está equipado con dos principios de sensores (los medidores 52 de esfuerzos y el nuevo sensor 50 de DialForce®) para medir las fuerzas axiales.

Durante la utilización práctica, el robot 54 presiona, mediante la generación de pasos de movimientos, sobre la herramienta 12 montada sobre una pieza de trabajo y origina un esfuerzo dentro de la herramienta 12. En las pruebas y con fines de calibración, las fuerzas axiales pueden ser medidas como una referencia por una célula dinamométrica (no ilustrada), situada entre la punta 14 de la herramienta y una placa base.

Los medidores 50 de esfuerzos están pegados sobre la superficie del soporte 10 de herramientas y el sensor 50 de DialForce® está apretado entre el troquel 16 y la punta intercambiable 14.

5 Se han de esperar resultados más fiables en la medición de los medidores 52 de esfuerzos por la configuración de medidores 52 de esfuerzos sobre la parte más flexible del soporte 10 de herramientas, como se indica en la figura 3, para el primer modo de realización. Por eso se indica en la figura 3 la aplicación de los medidores 52 de esfuerzos a la parte de deflexión (barra 32) para medir fuerzas axiales. En modos de realización adicionales (no ilustrados) los cuatro medidores 52 de esfuerzos pueden ser aplicados también por debajo de la placa 30 de medición sobre la superficie del troquel 16. Los medidores 52 de esfuerzos están eléctricamente conectados en un circuito puente completo.

10 Para visualizar las señales de los sensores 50, 52, del primer dispositivo sensor 18, se utiliza un medidor dinamométrico (no ilustrado) para los medidores 52 de esfuerzos y un dispositivo de medición de la resistencia (no ilustrado) para el sensor 50 DialForce®.

10 El sensor 50 está precargado por la punta 14 de la herramienta, debido a las condiciones de montaje, con una fuerza axial, por ejemplo con una fuerza de aproximadamente 100 a 500 N.

15 Como se explica con más detalle en el documento DE 10253178 B4, las capas piezo-resistivas de carbono similar al diamante pueden ser afectadas por la temperatura. Como la temperatura puede ser diferente durante los procesos de trabajo con metales, esto podría tener un efecto sobre la medición de la fuerza. Por tanto, un ventajoso modo de realización del primer dispositivo sensor 18 tiene medios de compensación de la temperatura. Los medios de compensación de la temperatura pueden usar la medición de la temperatura y de la fuerza a través de la capa piezo-resistiva, como se describe en detalle en el documento DE 10253178 B4. La temperatura medida puede ser utilizada para compensar cualquier efecto de la temperatura sobre la medición de la fuerza.

20 La medición de las fuerzas laterales del soporte de herramientas es muy precisa y repetible. La tensión de salida de los sensores 44 - 47 de desplazamiento por campo giratorio realiza una adecuada identificación retroactiva de los componentes X e Y de las fuerzas que actúan en el troquel 16. Se ha verificado que se puede medir una gama de fuerzas activas (por ejemplo entre 1 N y 1000 N) desarrolladas durante los procesos ISF típicos, con una nueva clase de sensores integrados en las piezas de mecanización.

25 Las figuras 6 y 7 muestran un modo de realización adicional con un principio de medición de fuerza alternativo que sustituye los sensores 44 - 47 de desplazamiento de campo giratorio del segundo dispositivo sensor 20, por una configuración de cuatro sensores anulares 60 DialForce® dispuestos concéntricamente entre las dos placas 28, 30 del soporte inteligente 10 de herramientas.

30 Este sistema de cuatro sensores anulares 60 que tiene capas piezo-resistivas de carbono amorfo similar al diamante, puede ser utilizado para formar tanto el primero como el segundo dispositivos sensores 18, 20. La fuerza axial será medida sumando las señales de todos los sensores anulares 60. Las fuerzas laterales pueden ser medidas en magnitud y dirección utilizando las señales individuales, de manera similar a la explicada anteriormente con referencia a los cuatro sensores 44 - 47 de desplazamiento por campo giratorio.

35 Los cuatro sensores anulares 60 son de la forma de arandelas planas. En el modo de realización de las figuras 6 y 7, los sensores anulares 60 se utilizan conjuntamente con las sujeciones 62 de tornillo que comprenden los pernos 63 y las tuercas 64 que conectan las placas 28, 30. Por tanto, se puede omitir la barra 32.

40 Ha de observarse que en modos de realización adicionales (no ilustrados), el segundo dispositivo sensor 20 puede incluir más de cuatro sensores 1 - 4 espaciados circunferencialmente para medir las fuerzas o distancias entre las placas 28, 30 o elementos similares que sobresalen lateralmente. En un modo de realización adicional, solamente se utilizan tres de los sensores 1 - 4 dentro del segundo dispositivo sensor 20, por ejemplo espaciados con un ángulo de 60°.

LISTA DE SIGNOS DE REFERENCIA

- 1 Primer sensor del segundo dispositivo sensor
- 2 Segundo sensor del segundo dispositivo sensor
- 3 Tercer sensor del segundo dispositivo sensor
- 45 4 Cuarto sensor del segundo dispositivo sensor
- 10 soporte de herramientas
- 12 herramienta
- 14 punta
- 16 troquel
- 50 18 primer dispositivo sensor

ES 2 356 936 T3

	20	segundo dispositivo sensor
	22	interfaz de brida (parte de conexión bridada)
	24	parte intermedia
5	28	placa de referencia (primer elemento saliente lateralmente)
	30	placa de medición (segundo elemento saliente lateralmente)
	32	barra (parte de deflexión)
	34	sistema sensor de campo giratorio
	36	sistema sensor piezo-resistivo
10	38	cono (fijación cónica)
	40	receptáculo de sujeción
	42	característica fresada
	44	primer sensor de desplazamiento por campo giratorio
	45	segundo sensor de desplazamiento por campo giratorio
15	46	tercer sensor de desplazamiento por campo giratorio
	47	cuarto sensor de desplazamiento por campo giratorio
	50	sensor DialForce® (capa piezo resistiva de carbono amorfo similar al diamante)
	52	medidores de esfuerzos
	54	robot
20	60	sensores anulares
	62	sujeciones de tornillo
	63	perno
	64	tuerca
	z	dirección axial
25	x, y	direcciones laterales

REIVINDICACIONES

1. Soporte (10) de herramientas que comprende un primer dispositivo sensor (18) para detectar una fuerza axial y un segundo dispositivo sensor (20) para detectar una fuerza lateral,
- 5 **caracterizado porque** el segundo dispositivo sensor (20) incluye una parte (32) de deflexión intercalada entre un primer (28) y un segundo (30) elementos lateralmente salientes que tienen una rigidez lateral más alta que la parte (32) de deflexión, y **porque** el segundo dispositivo sensor (20) incluye además al menos un sensor (44 - 47) de desplazamiento para detectar un cambio en la distancia entre una parte lateralmente saliente del primer elemento lateralmente saliente (28) y una correspondiente parte lateralmente saliente del segundo elemento radialmente saliente (30).
- 10 2. Soporte de herramientas, según la reivindicación 1,
- caracterizado porque** el primer dispositivo sensor (18) incluye una capa piezo-resistiva (50) que se extiende en un plano que cruza la dirección axial, para medir la fuerza axial.
3. Soporte de herramientas, según la reivindicación 2,
- caracterizado porque** la capa piezo-resistiva (50) comprende una película de carbono amorfo en forma de diamante.
- 15 4. Soporte de herramientas, según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque** el segundo dispositivo sensor (20) está adaptado para detectar una desviación mecánica o deflexión del soporte (10) de la herramienta y/o de la herramienta en dirección lateral.
5. Soporte de herramientas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- 20 **caracterizado porque** al menos una parte intermedia (24) del mismo tiene una rigidez axial en la dirección axial (z), que es esencialmente más alta que su rigidez lateral en cualquiera de sus direcciones laterales (x, y).
6. Soporte de herramientas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado porque** al menos uno de los primero y segundo elementos lateralmente salientes (28, 30) es un elemento de disco o un elemento de placa.
7. Soporte de herramientas según la reivindicación 6,
- 25 **caracterizado porque** dichos primero y segundo elementos lateralmente salientes están diseñados como placas (28, 30) dispuestas mutuamente en paralelo y, en un estado sin carga, perpendicularmente a la dirección axial.
8. Soporte de herramientas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- 30 **caracterizado porque** dicha parte de deflexión incluye una barra (32) que se extiende en dirección axial (z) y tiene una rigidez y/o un diámetro significativamente reducidos, en comparación con las restantes piezas o partes del soporte (10) de herramientas.
9. Soporte de herramientas según la reivindicación 8,
- caracterizado porque** dicha barra (32) interconecta dichos primer y segundo elementos lateralmente salientes (28, 30), de manera que están espaciados entre sí.
10. Soporte de herramientas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- 35 **caracterizado porque** el segundo dispositivo sensor (20) incluye al menos tres sensores (44 - 47) de desplazamiento circunferencialmente espaciados entre sí, para detectar cambios en las distancias entre las partes radialmente salientes del primer y segundo elementos radialmente salientes (28, 30) en al menos tres puntos diferentes circunferencialmente espaciados entre sí.
11. Soporte de herramientas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- 40 **caracterizado porque** dicho al menos un sensor de desplazamiento incluye un sensor (44 - 47) de campo giratorio,
- un medidor de esfuerzos,
- un sensor capacitivo de distancia,
- un sensor inductivo de distancia, y/o
- un sensor óptico de distancia o desplazamiento.

12. Soporte de herramientas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque el segundo dispositivo sensor (20) incluye además una pluralidad de sensores (60) de fuerza, para detectar, cada uno de ellos, una fuerza de empuje o de tiro entre una parte lateralmente saliente del primer elemento lateralmente saliente (28) y una correspondiente parte lateralmente saliente del segundo elemento lateralmente saliente (30).

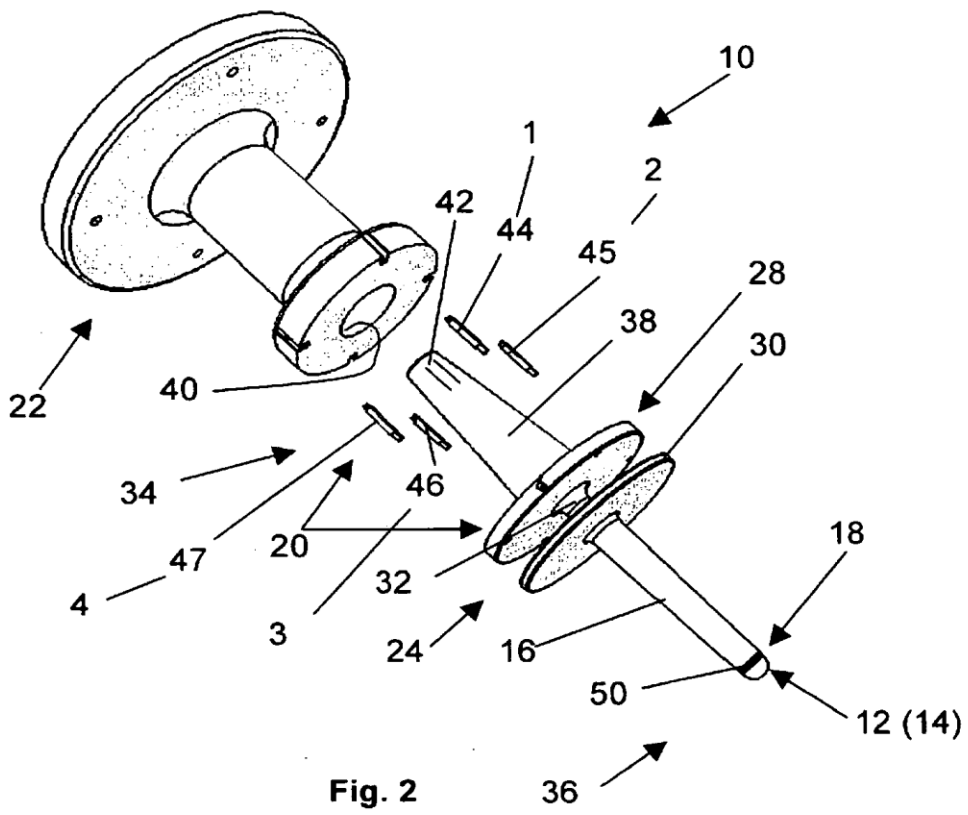
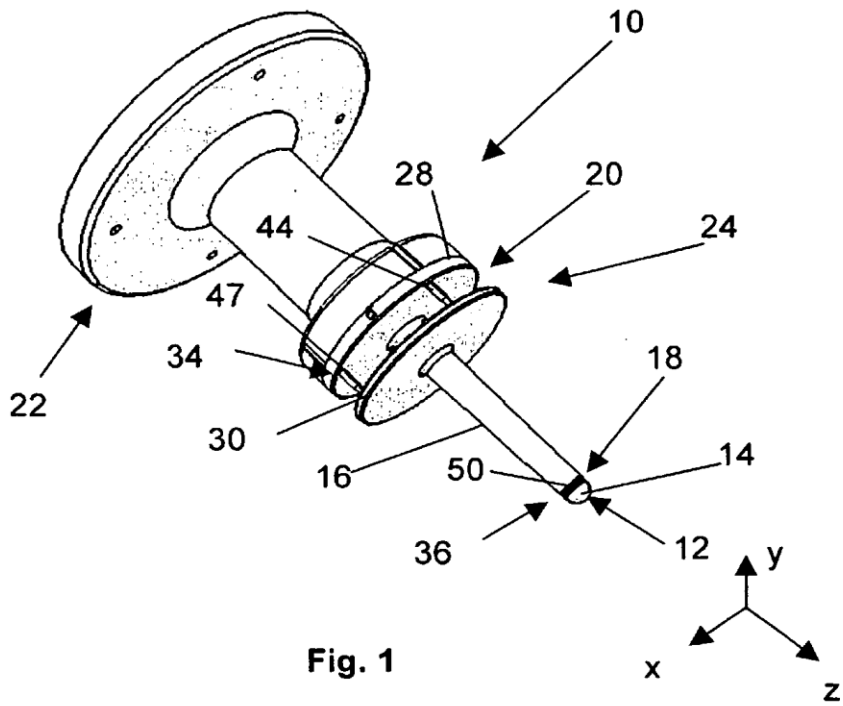
13. Soporte de herramientas según la reivindicación 12,

caracterizado porque dicha pluralidad de sensores (1 - 4) de fuerza incluye al menos tres zonas separadas circunferencialmente de capas piezo-resistivas (60).

14. Soporte de herramientas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque comprende una parte (22) de conexión bridada para conectar el soporte (10) de herramientas con una maquinaria (54), donde la parte (22) de conexión bridada incluye una brida que tiene una pluralidad de orificios pasantes circunferencialmente espaciados entre sí.

15. Método de formación incremental de láminas, **caracterizado por** el uso de un soporte (10) para herramientas, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, para medir fuerzas de trabajo y controlar los pasos de formación incremental de láminas, como respuesta a las fuerzas de trabajo medidas.



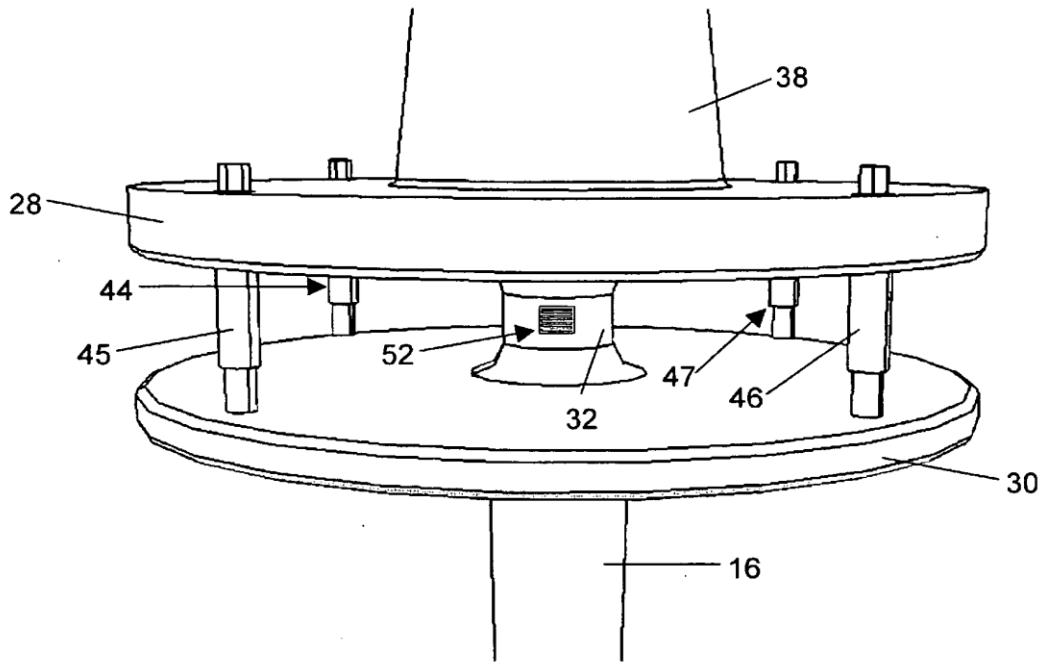


Fig. 3

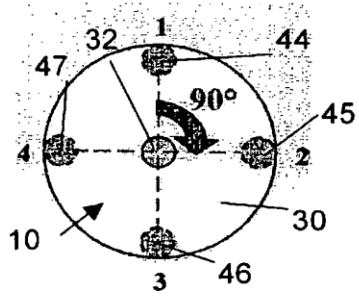
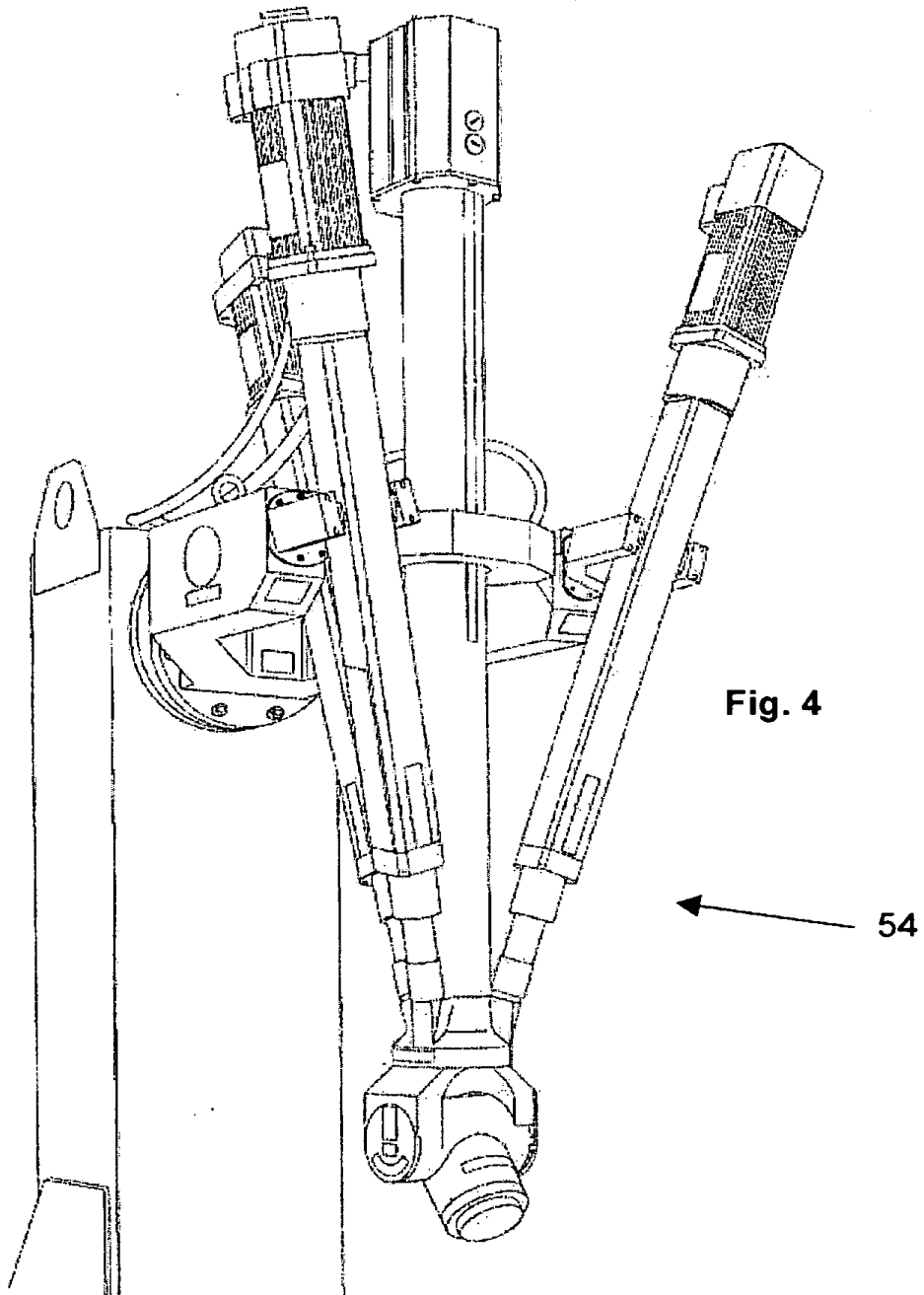


Fig. 5



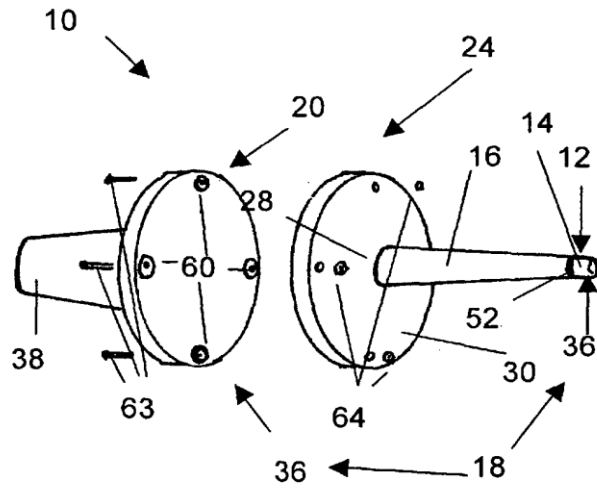


Fig. 6

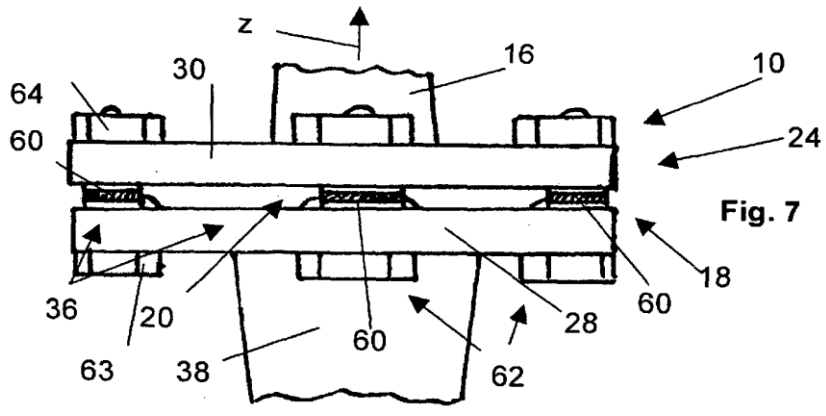


Fig. 7