

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 669 609**

51 Int. Cl.:

**G01L 5/16** (2006.01)

**G01L 3/10** (2006.01)

**G01L 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2014 E 14173259 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2829859**

54 Título: **Procedimiento y sistema de medición para la determinación de deformaciones de un cuerpo geométrico mediante sensores de fuerza o deformación**

30 Prioridad:

**25.07.2013 DE 102013107953**

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

**28.05.2018**

73 Titular/es:

**PRO-MICRON GMBH & CO. KG (100.0%)  
Innovapark 20  
87600 Kaufbeuren, DE**

72 Inventor/es:

**WULFF, DR.-ING. KOLJA**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 669 609 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

Procedimiento y sistema de medición para la determinación de deformaciones de un cuerpo geométrico mediante sensores de fuerza o deformación

5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación de deformaciones de un cuerpo geométrico o para la medición de las fuerzas o momentos que actúan sobre un cuerpo geométrico mediante sensores de fuerza o deformación según el preámbulo de la reivindicación 1. Además, se refiere a un sistema de medición correspondiente según el preámbulo de la reivindicación 5.

10 En las aplicaciones técnicas más diferentes, las informaciones sobre fuerzas o momentos que actúan sobre un cuerpo, por ejemplo una herramienta o una pieza de trabajo o un portaherramientas o similares, o conocimientos sobre las deformaciones del cuerpo provocadas por las fuerzas o momentos correspondientes son parámetros importantes que se miden y/o supervisan. Por ejemplo, se conocen aplicaciones en las que para la verificación del contacto plano y sujeción correctos de una herramienta en un cabezal de husillo de un husillo de trabajo de una máquina de mecanizado se usan sensores de fuerza o deformación correspondientes. Un procedimiento semejante o un dispositivo de supervisión correspondiente se describen en el documento EP 1889685 A1. Allí se utiliza la supervisión correspondiente, para encontrar posibles sujeciones erróneas de la herramienta de mecanizado, según puede suceder por ejemplo debido a una viruta que penetra en el cabezal de husillo o similares. Una sujeción errónea semejante conduce, tal y como se ha descrito en el documento, a trayectorias de la herramienta de mecanizado que se desvían de la trayectoria de consigna y por consiguiente a un mecanizado erróneo de las piezas de trabajo, en último término a pérdidas de calidad hasta la exclusión.

25 Otra aplicación, en la que una determinación correspondiente de las deformaciones de un cuerpo geométrico o la medición de fuerzas o momentos (momentos de giro) que actúan sobre este cuerpo desempeña un papel, se describe en el documento EP 2103379 A1. Allí se recurre a las fuerzas o momentos de giro medidos para la supervisión de un proceso de mecanizado, por ejemplo para reconocer si una herramienta con una fuerza de avance deseada se guía a lo largo del recorrido de mecanizado hacia la pieza de trabajo.

30 Un problema en relación con los procedimientos y sistemas de mediación dados a conocer en los documentos mencionados consiste en que con frecuencia se pueden producir resultados de medición falseados debido a un conocimiento inexacto sobre la orientación de las fuerzas y momentos aplicados o sobre fracciones de los mismos o de la dirección de la deformación a lo largo de distintas direcciones de coordenadas. Así, por ejemplo, en la supervisión de fuerzas o momentos, según se describe en el documento EP 2103379 A1, en distintas situaciones no se puede diferenciar entre valores de medición reales y artefactos condicionados por errores del sistema. Con vistas a la tecnología de medición y disposición del sistema de medición dadas a conocer en el documento EP 1889685 A1 no siempre se pueden reconocer debido a este hecho y de forma fiable todas las pequeñas desviaciones y errores con vistas a la sujeción de la herramienta allí en primer plano.

40 En el documento DE 4009286 C2 se describe una posibilidad con la que mediante disposiciones de galgas extensiométricas (DMS) se puede conseguir una supervisión o medición más exacta de la torsión de un cuerpo hueco en forma de barra. Para ello, sobre una superficie de membrana sujeta en el interior del cuerpo hueco, se disponen sensores DMS orientados de forma diferente, y éstos se conectan con sus salidas de señales en un circuito en puente. Debido al hecho de que, en caso de una torsión del tubo, se produce una deformación de la membrana en dos direcciones, mediante el conexionado hábil de los sensores con sus salidas de señales en el circuito en puente se consigue una amplificación de la señal global y por consiguiente una elevación de la sensibilidad de la disposición de medición. Sin embargo, también con este modo de proceder sólo se supervisa la deformación o un momento aplicado a lo largo de una dirección espacial, aquí a lo largo de una dirección de coordenadas rotativa.

50 En el documento US 2006/0107761 A1 se da a conocer un dispositivo y también un procedimiento que, mediante sensores de fuerza o deformación conexionados en circuitos en puente, determina las fuerzas o tensiones aplicadas en un componente en diferentes direcciones espaciales. Una consideración eventual de una simetría del componente no desempeña ningún papel en la evaluación de las señales de medición.

55 El documento US 7.694.589 B2 también describe una estructura de medición y un procedimiento de medición, en los que mediante sensores de fuerza conexionados en dos puentes de Wheatstone se determinan las cargas aplicadas en un componente. Aquí las reflexiones sobre la simetría del componente tampoco desempeñan un papel en la evaluación de las señales de medición.

60 El documento EP 143434 A2 también da a conocer finalmente una disposición y modo de proceder similares, aquí sin embargo también sin consideración cualquiera de las simetrías en la evaluación de las señales de medición.

65 Ante estos antecedentes del estado de la técnica conocido, el objetivo de la invención es perfeccionar un procedimiento del tipo mencionado al inicio, de manera que se posibilite una determinación más exacta de las deformaciones del cuerpo geométrico o una medición más exacta de las fuerzas o momentos que actúan sobre éste

y una evaluación teniendo en cuenta la forma del cuerpo geométrico. Otro aspecto del objetivo a resolver con la invención consiste en especificar un sistema de medición correspondiente que, partiendo del estado de la técnica conocido, se perfeccione para conseguir un objetivo especificado.

5 Este objetivo se consigue con vistas al procedimiento mediante un procedimiento semejante para la determinación de las deformaciones de un cuerpo geométrico o para la medición de las fuerzas o momentos que actúan sobre un cuerpo geométrico con las características de la reivindicación 1. Perfeccionamientos ventajosos de un procedimiento semejante están especificados en las reivindicaciones dependientes 2 a 7. Con vistas al sistema de medición, este objetivo se consigue mediante un sistema de medición semejante para la determinación de las deformaciones de un  
10 cuerpo geométrico o para la medición de las fuerzas o momentos que actúan sobre un cuerpo geométrico, según se designa en la reivindicación 5. Perfeccionamientos ventajosos del sistema de medición semejante están especificados en las reivindicaciones dependientes 8 a 16.

15 De forma comparable al procedimiento especificado en el documento DE 4009286 C2, en primer lugar en el procedimiento según la invención para la determinación de las deformaciones de un cuerpo geométrico o para la medición de las fuerzas o momentos que actúan sobre un cuerpo geométrico también se dispone una pluralidad de sensores de fuerza o deformación en el cuerpo geométrico. A este respecto, esta disposición se realiza en al menos dos grupos y de manera que un primer grupo de los sensores de fuerza o deformación detecta las fuerzas de carga o deformaciones del cuerpo geométrico ejercidas sobre el cuerpo geométrico a lo largo de una primera dirección  
20 espacial referido a un sistema de coordenadas fijo respecto al cuerpo geométrico y que un segundo grupo de sensores de fuerza o deformación detecta las fuerzas de carga o deformaciones del cuerpo geométrico ejercidas sobre el cuerpo geométrico a lo largo de una segunda dirección espacial referido a un sistema de coordenadas fijo con respecto al cuerpo geométrico, siendo esta segunda dirección espacial independiente de la primera dirección espacial.

25 Pero, al contrario de lo que se da a conocer en este estado de la técnica conocido, ahora no se efectúa, por ejemplo, una evaluación de las salidas de señales de los sensores de una manera que se analiza un efecto de las fuerzas o deformaciones a lo largo de sólo una única dirección espacial (es decir, igualmente en el caso de fuerzas o deformaciones que no siguen esta dirección espacial sólo se determina su fracción vectorial que se sitúa en la  
30 dirección espacial considerada), sino que debido a una correlación de las salidas de señales de los distintos sensores se efectúa un consideración y valoración de las componentes de fuerza o deformación en al menos dos direcciones espaciales, que son independientes una de otra -de forma similar a como se ha efectuado ya por ejemplo en la disposición según el documento US 2006/0107761 A1-.

35 Con "dirección espacial" o "direcciones espaciales" aquí no se entiende forzosamente una dirección que discurre linealmente o direcciones que discurren linealmente. En ella también se incluyen los desarrollos de coordenadas o direcciones de coordenadas en sistemas de coordenadas no lineales, así por ejemplo en coordenadas polares o cilíndricas. Aquí es decisivo sólo que se trate de direcciones espaciales independientes entre sí en el sistema de  
40 coordenadas.

Una evaluación correspondiente de las señales se puede realizar, por ejemplo, mediante adición o sustracción de las señales de sensores seleccionadas. A este respecto, se pueden añadir por ejemplo las señales de sensores, que detectan las componentes aplicadas en una dirección espacial de los vectores de fuerza o deformación, a fin de  
45 obtener una suma de fuerzas o una deformación acumulada. Aquí simultáneamente se pueden considerar sensores determinados -en general de forma determinada por la geometría del cuerpo- (por ejemplo sensores opuestos diametralmente entre sí sobre un plano cilíndrico en una disposición cilíndrica) y cuya salidas de señales se someten a una formación de diferencias, a fin de determinar así fuerzas o deformaciones aplicadas asimétricamente en esta dirección.

50 En particular se pueden correlacionar las salidas de señales de sensores individuales simultáneamente de varios tipos, para obtener distintas informaciones. Así se pueden añadir, por ejemplo, las señales de un grupo de sensores en una primera evaluación, a fin de obtener la componente resultante que actúa en una dirección de una fuerza o deformación, y en una segunda evaluación se pueden vincular simultáneamente las señales de los mismos sensores formando diferencias, a fin de reconocer por ejemplo las rupturas de simetría.

55 La vinculación de las señales se puede realizar tanto analógicamente, es decir, con señales analógicas como señales de salida, mediante conexiones correspondientes conocidos en sí, como también digitalmente con señales digitalizadas en primer lugar y algoritmos de *software* correspondientes en un ordenador.

60 Además, en el procedimiento según la invención, según se conoce ya básicamente por el estado de la técnica, las salidas de señales de los sensores de fuerza o deformación están conectadas para la detección y evaluación de señales en un circuito en puente eléctrico. Un circuito en puente semejante puede estar realizado en el caso de señales analógicas con elementos de conmutación correspondientes; pero también -en el caso de señales digitales o digitalizadas- puede estar copiado virtualmente en un algoritmo basado en *software*.

65 A este respecto, según la invención por cada grupo de los sensores de fuerza o deformación están previstos al

menos cuatro sensores semejantes y además respectivamente cuatro de los sensores de fuerza o deformación están conectados con sus salidas de señales en un circuito en puente eléctrico y se evalúan las señales de salida de los al menos dos circuitos en puente eléctrico así configurados para la determinación de las deformaciones o fuerzas o momentos.

5 El sistema de medición según la invención está construido en correspondencia con sensores de medición dispuestos en los grupos mencionados, cuyas salidas de señales se correlacionan para la evaluación correspondiente de los componentes de fuerza o deformación en al menos dos direcciones espaciales independientes en un dispositivo de evaluación. Esto ocurre según la invención mediante la reagrupación en circuitos en puente correspondientes. A  
10 este respecto, la unidad de evaluación del sistema de medición está concebida para poder realizar una evaluación correspondiente de las señales de salidas de los circuitos en puente.

Según la invención, para los circuitos en puente usados se prevén así al menos ocho sensores de fuerza o deformación, de los que respectivamente cuatro pertenecen al primer grupo y otros cuatro al segundo grupo,  
15 estando reunidos estos sensores de fuerza o deformación con cada vez cuatro ejemplares formando un circuito en puente y participando los circuitos en puente con sus señales de salidas en la evaluación. De este modo es posible obtener una imagen con resolución significativamente más fina de las fuerzas de carga o momentos ejercidos sobre el cuerpo geométrico o de las deformaciones provocadas por las fuerzas o momentos correspondientes. Una imagen tal afinada correspondientemente abre claras mejoras para las distintas aplicaciones. Así en aplicaciones, según se  
20 describen en el documento EP 1889685 A1, todavía se pueden reconocer de forma más precisa perturbaciones de una sujeción plana y simétrica de una herramienta o pieza de trabajo en el cabezal de husillo y emitirse avisos o señales de alarma correspondientes. En una aplicación, según se describe en el documento EP 2103379 A1, en la que durante un proceso de mecanizado se registran las fuerzas o momentos que aparecen en la herramienta o en el portaherramientas para la supervisión y eventualmente control del proceso, los valores de medición registrados se  
25 pueden valorar todavía de forma más precisa con vistas a posibles mediciones erróneas o artefactos, de modo que se obtiene una imagen más precisa y exacta.

Un aumento semejante de la precisión no se puede conseguir entretanto del modo y manera que se describe en el documento DE 4009286 C2 sólo con un único circuito en puente y el tipo de evaluación allí mencionado. Para ello se  
30 requiere la presencia de un mayor número de sensores de fuerza o deformación y un conexionado -a establecer según la aplicación- de las salidas de señales de los sensores correspondientes en al menos dos circuitos en puente. Pues sólo así se pueden determinar distintas fuerzas, momentos o deformaciones que aparecen a lo largo de diferentes coordenadas espaciales e integrarse en una evaluación apropiada según la forma de aplicación para una precisión más elevada de los resultados de medición obtenidos o la interpretación de las señales obtenidas con  
35 vistas a una comparación de las fuerzas, momentos o deformaciones a lo largo de varias dimensiones (direcciones espaciales).

La evaluación según la invención de las señales obtenidas a partir de los circuitos en puente prevé que el  
40 conexionado de las salidas de señales de los sensores de fuerza o deformación en los circuitos en puente eléctrico se seleccione de modo que las señales de salida de los circuitos en puente sean proporcionales a la fuerza aplicada o el momento de carga o a una deformación del cuerpo geométrico. A este respecto, las señales de salida de los al menos dos circuitos en puente eléctrico se evalúan de manera que éstos comparan entre sí en primer lugar las señales que aparecen proporcionalmente a la fuerza aplicada o al momento de carga o a una deformación del  
45 cuerpo geométrico y se evalúan con vistas a las simetrías que aparecen y luego, cuando esta evaluación presenta una plausibilidad con vistas a los resultados a esperar debido a una forma del cuerpo geométrico o debido a las fuerzas, momentos o deformaciones esperados y sus direcciones, estas señales se consideran como medida para la fuerza de carga, para un momento aplicado o una deformación aparecida. Aquí, en otras palabras, en la evaluación se presupone en primer lugar un resultado a esperar en la situación correspondiente, por ejemplo en el mecanizado de material con un husillo de herramienta rotativo (por ejemplo durante el taladrado, fresado o torneado), un  
50 desarrollo esperado en situaciones determinadas de fuerzas, momentos o deformaciones que aparecen, luego se evalúan las salidas de señales de los circuitos en puente, de manera que las señales medidas se comparan con las señales a esperar y se realiza una interpretación de las señales como media de las fuerzas o momentos, luego cuando los resultados se sitúan en el marco de lo esperado. Por ejemplo, en un proceso de fresado con corte de herramienta rotativo se puede predecir la aparición de una fuerza de reacción provocada por la incisión debido a la  
55 velocidad de giro y la geometría del corte de la herramienta de forma somera con un patrón esperado. Una evaluación correspondiente de los circuitos en puente y de las salidas de señales se compara en primer lugar con esta expectativa y sólo luego se sigue procesando si hay una concordancia con un desarrollo de señales esperado. Si aquí se producen desviaciones, entonces en el curso del procedimiento se puede emitir un aviso de error correspondiente o el sistema de medición correspondiente puede generar un aviso de error semejante. Pues  
60 entonces se podrían producir irregularidades y resultados no previstos, por ejemplo, el fallo de un corte de herramienta esperado o también un artefacto del sistema en otro punto.

Dado que el procedimiento según la invención se efectúa con frecuencia para la medición de fuerzas de carga, momentos ejercidos sobre un cuerpo geométrico o deformaciones efectuadas en éste en sistemas con cuerpos  
65 geométricos rotativos, en particular rotativos alrededor de un eje de rotación, también en otros casos en los que resultan simetrías correspondientes en el sistema, se efectuará una disposición de los sensores de fuerza o

deformación con frecuencia de una manera tal que un primer grupo se dispone a lo largo de la dirección preferente axial del cuerpo, que puede discurrir por ejemplo a lo largo de su eje de rotación, y otro grupo a lo largo de una línea circular alrededor de este eje preferente, es decir, una dirección espacial circular. Una evaluación especialmente sencilla y elegante de los datos de medición así obtenidos se obtiene luego cuando, conforme al sistema de  
 5 coordenadas aquí tenido en cuenta, los desarrollos de señales se emiten, en particular representan gráficamente, en coordenadas polares o en coordenadas cilíndricas, por ejemplo todavía registrados respecto a un eje de tiempo.

Para el sistema de medición según la invención y para la realización del procedimiento según la invención, como sensores de fuerza o deformación se usan en particular sensores DMS (galgas extensiométricas) o sensores SAW  
 10 (*Surface Acoustic Waves*, ondas superficiales acústicas). En particular aquí se ofrece la configuración de forma inalámbrica de la transmisión de las señales de salida de los sensores o de las señales de datos obtenidas por el procesamiento posterior de las señales de sensores a un receptor unido en el dispositivo de evaluación, por ejemplo a través de una técnica de radio, según se usa actualmente a menudo en la tecnología de transpondedores.

Evidentemente el número de los sensores de fuerza o deformación no está fijado en un número mínimo de por ejemplo ocho. Aquí se pueden usar, mejor dicho, números mayores, por ejemplo pueden estar dispuestos más de cuatro sensores por grupo, pero también pueden estar previstos más de dos grupos, en particular un tercer grupo a lo largo de una tercera dirección espacial independiente en el sistema de coordenadas fijo en referencia al cuerpo geométrico. Correspondientemente con el uso de circuitos en puente también se pueden formar más de sólo dos  
 15 circuitos en puente y tomarse por base sus señales de salida para la evaluación.

Los sistemas de medición según la invención no están limitados a detectar aquí sólo deformaciones o fuerzas o momentos aplicados. Mejor dicho, estos pueden estar acoplados con unidades sensoras para la detección de otros parámetros, como por ejemplo temperatura, presión o similares. También se pueden implementar partes del  
 25 dispositivo de evaluación, en particular partes de una unidad electrónica de evaluación en este microcircuito ya sobre el cuerpo geométrico mismo. Otros componentes de la unidad de evaluación de señales pueden estar constituidos de forma separada del cuerpo geométrico, a los que luego se transmiten datos correspondientes desde la unidad electrónica dispuesta sobre el cuerpo geométrico, en particular a través de una transmisión inalámbrica.

Otras ventajas y características se deducen de la siguiente descripción de un ejemplo de realización mediante las figuras adjuntas. A este respecto se muestra:

en la figura 1, una representación en sección esquemática a través de una disposición de dos cuerpos ensamblados con precisión entre sí con sensores de fuerza dispuestos en diferentes posiciones de las superficies límite,  
 35

en la figura 2, una vista en planta de la disposición según la figura 1.

En la figura 1 está representada esquemáticamente una representación en sección a través de una disposición de dos cuerpos 10, 20 ensamblados con precisión entre sí. El cuerpo 10 presenta una recepción 11 labrada en el cuerpo, formada cónicamente, en la que está insertado el pivote de conexión 21 conformado de forma correspondientemente cónica del cuerpo 20. El cuerpo 20 presenta además un cuello 22 que sobresale lateralmente del pivote de conexión 21. Según se puede reconocer en particular en la figura 2, el cuerpo 20 está formado con simetría de rotación alrededor de su eje longitudinal 23 con un cuello 22 que sobresale circunferencialmente.

En el cuerpo 10 en el interior de la recepción 11 a la misma altura perpendicularmente al eje longitudinal 23 del cuerpo 20 están dispuestos los primeros sensores de fuerza 12, de modo que pueden detectar las fuerzas transmitidas por el pivote de conexión 21 sobre la superficie de la recepción 11, que actúan perpendicularmente a las superficies límite. Según se puede reconocer en la figura 2, en este ejemplo de realización están dispuestos en conjunto cuatro primeros sensores de fuerza 12 de este tipo, respectivamente con un decalado angular de 90°  
 45 alrededor del eje longitudinal 23.

Los segundos sensores de fuerza 13 están dispuestos en el cuerpo 10 en una zona de la superficie que se cubre por el cuello circunferencial 22 del segundo cuerpo 20, cuando el segundo cuerpo 20 descansa con su pivote de conexión 21 en la recepción 11. Estos segundos sensores de fuerza 13 están contruidos y concebidos de manera  
 55 que pueden detectar y absorber las fuerzas que actúan perpendicularmente a la superficie del primer cuerpo 10, en la zona en la que están dispuestos, es decir, en paralelo al eje longitudinal 23.

Aquí la figura 2 también muestra de nuevo que en conjunto están dispuestos cuatro segundos sensores de fuerza 13 semejantes en el ejemplo de realización, nuevamente respectivamente en una distribución a 90° alrededor del eje longitudinal 23, en este ejemplo de realización orientados igual en la distribución radial que los primeros sensores de fuerza 12.

Si ahora actúan fuerzas sobre uno de los cuerpos 10 o 20, se producen los valores de medición correspondientes de los sensores de fuerza 12 o 13. Si por ejemplo sobre el cuerpo 20 actúa una fuerza que discurre en la dirección del eje longitudinal 23, así si el efecto de la fuerza discurre exactamente en paralelo al eje longitudinal 23, los sensores de fuerza 13 miden un valor cada vez de igual magnitud. Los sensores de fuerza 12 también medirán en una  
 65

situación semejante un valor de una fuerza, a saber, la fracción vectorial, que actúa perpendicularmente a la superficie de la recepción 11 en esta zona, de la fuerza que actúa en la dirección del eje longitudinal 23.

5 En el marco de la presente invención, para la evaluación de una fuerza aplicada semejante se combinan entre sí ahora las salidas de señales de los sensores de fuerza 12 o 13. Esto se puede realizar de una manera muy diferente. Así se pueden conexas entre sí de forma aditiva, por ejemplo, los segundos sensores de fuerza 13, a fin de obtener así una señal para la magnitud total de la fuerza de carga en la dirección del eje longitudinal 23.

10 Pero, además, de los segundos sensores de fuerza también pueden estar conexas de forma sustractiva pares de respectivos sensores opuestos entre sí, por ejemplo en forma del conexas en un puente de Wheatstone, a fin de obtener así sólo una desviación cuando se deben medir fuerzas que se desvían en el sentido de una dirección de desarrollo respecto al eje longitudinal 23. En un ejemplo de realización semejante, los primeros sensores de fuerza 12 también se conexas entonces de la misma manera cada vez por parejas opuestos entre sí de forma sustractiva, a fin de detectar también a través de éstos las fracciones de fuerzas vectoriales en una segunda dirección de medición, independiente de la primera dirección de medición de los primeros sensores 13, que discurre en paralelo al eje longitudinal 23. Si aparecen ahora fuerzas transversales, es decir, fuerzas que discurren transversalmente al eje longitudinal 23 del primer cuerpo, entonces éstas también se pueden detectar en particular ya en el caso de valores muy pequeños por los primeros sensores de fuerza 12, dado que éstos son especialmente sensibles a fracciones de fuerza en una dirección transversal correspondiente. Los segundos sensores de fuerza 13, que de las fuerzas que aparecen sólo miden las componentes de fuerza que discurren en la dirección del eje longitudinal 23, son comparablemente sensibles para pequeñas desviaciones de las fuerzas de un desarrollo semejante en paralelo al eje longitudinal 23.

25 El conocimiento de una dirección de desarrollo correspondiente de una fuerza aplicada, que se desvía de la dirección longitudinal 23, puede ser muy interesante por ejemplo luego cuando el primer cuerpo 10 con la recepción 11 es un portaherramientas (un husillo de herramienta) de una máquina de mecanizado y el segundo cuerpo 20 es una sección de acoplamiento de una herramienta. Cuando durante un cambio de herramienta llega un cuerpo extraño, por ejemplo una viruta, a la recepción 11 y allí cae hasta la base o en otro punto, entonces esto conduce a una perturbación del apoyo plano del segundo cuerpo 20, por consiguiente a un ladeo o en un proceso de sujeción que discurre en la dirección del eje longitudinal 23 a una introducción de fuerzas asimétrica correspondiente, es decir, una fuerza transversal que es registrada de forma muy sensible en particular por los primeros sensores de fuerza 12 y se constata en un conexas sustractivo descrito arriba. La misma funcionalidad también se puede usar para el reconocimiento seguro de errores geométricos de las superficies de contacto del cuerpo 20.

35 Pero en otros ejemplos puede ser especialmente ventajoso no conexas los sensores de fuerza 12 de forma sustractiva, sino de otra manera, a fin de obtener por ejemplo informaciones sobre la magnitud exacta de las fuerzas transversales, por ejemplo durante un mecanizado con una herramienta, para constatar las fuerzas de ataque con las que hace por ejemplo un corte de fresado en una herramienta. Así se pueden detectar, por ejemplo, cuando se usa una herramienta de tres cortes, las fuerzas de ataque de los tres cortes y compararse entre sí. Si aquí se producen asimetrías de las fuerzas de ataque, entonces se pueden sacar conclusiones sobre el desgaste de la herramienta u otro error.

45 De igual manera también se pueden combinar entre sí cada vez los sensores de fuerza de los primeros sensores de fuerza 12 y de los segundos sensores de fuerza 13, a fin de detectar y controlar aquí otras fuerzas de carga dinámicas.

50 Para ello los sensores de fuerza 12, 13 están conexas en una manera no representada más en detalle en las figuras con un control o una unidad de evaluación o con una unidad de emisión para la transmisión de las señales correspondientes de modo inalámbrico a un receptor dispuesto fuera de los dos cuerpos 10, 20 para el procesamiento posterior de las señales.

55 Los sensores de fuerza 12, 13, que también pueden ser sensores de deformación, pueden ser por ejemplo galgas extensiométricas (los así denominados sensores DMS). Pero aquí también entran en consideración sensores de otro tipo constructivo, por ejemplo sensores SAW. Los sensores mencionados en último término tienen la ventaja de que se pueden usar adicionalmente para la detección de otras magnitudes de medición, por ejemplo para la medición de la temperatura y similares.

60 Si las señales de salida se obtienen de forma analógica (así por ejemplo en sensores DMS), las relaciones correspondientes entre las salidas de señales se pueden obtener mediante conexas analógica (por ejemplo mediante los puentes de Wheatstone ya mencionados). Si existen salidas de señales digitales (por ejemplo en sensores SAW), entonces la correlación de las señales se realiza en una unidad de evaluación digital correspondiente. En este caso se produce así en particular la ventaja de que de manera sencilla y sin pérdida de la intensidad de señal (que en las señales analógicas se puede admitir mediante divisores correspondientes de las líneas de señales para varias evaluaciones en paralelo) se pueden realizar varias evaluaciones, es decir, se pueden combinar entre sí parejas de sensores de forma aditiva o sustractiva o de otra manera.

La ventaja especial de la solución según la invención consiste en que aquí se usan al mismo tiempo sensores que pueden efectuar una medición de fuerza o deformación con componentes vectoriales en direcciones independientes linealmente, de modo que las mediciones se pueden realizar todavía de forma exacta y al mismo tiempo mediante la correlación se pueden obtener de las maneras más diferentes una gran pluralidad de información. Para la evaluación de las informaciones obtenidas se pueden seleccionar luego de nuevo sistemas de coordenadas apropiados, en el ejemplo del sistema representado en las figuras se ofrece por ejemplo un sistema de coordenadas cilíndricas con un eje de coordenadas a lo largo del eje longitudinal 23 y coordenadas angulares correspondientes.

- 10      Cuerpo
- 11      Recepción
- 12      Primeros sensores de fuerza
- 13      Segundos sensores de fuerza
- 20      Cuerpo
- 21      Pivote de conexión
- 22      Cuello
- 23      Eje longitudinal

10

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de las deformaciones de un cuerpo geométrico o para la medición de las fuerzas o momentos que actúan sobre un cuerpo geométrico mediante sensores de fuerza o deformación, en el que en el cuerpo geométrico se disponen varios sensores de fuerza o deformación en al menos dos grupos, de modo que un primer grupo de los sensores de fuerza o deformación detecta las fuerzas de carga o deformaciones del cuerpo geométrico ejercidas sobre el cuerpo geométrico a lo largo de una primera dirección espacial referida a un sistema de coordenadas fijo respecto al cuerpo geométrico y un segundo grupo de sensores de fuerza o deformación detecta las fuerzas de carga o deformaciones del cuerpo geométrico ejercidas sobre el cuerpo geométrico a lo largo de una segunda dirección espacial referida a un sistema de coordenadas fijo con respecto al cuerpo geométrico, la cual es independiente de la primera dirección espacial, y que las salidas de señales de los sensores de fuerza o deformación se combinan entre sí para la detección y evaluación de señales y determinación o valoración de las componentes de fuerza o deformación que actúan en las diferentes direcciones espaciales, en el que las salidas de señales de los sensores de fuerza o deformación se conexionan en un circuito en puente eléctrico, en el que se prevén al menos cuatro sensores de fuerza o deformación por cada grupo de los sensores de fuerza o deformación y en el que respectivamente cuatro de los sensores de fuerza o deformación se conectan con sus salidas de señales en un circuito en puente eléctrico y las señales de salida de los al menos dos circuitos en puente eléctrico así formados se evalúan para la determinación de las deformaciones o fuerzas o momentos, en el que el conexionado de las salidas de señales de los sensores de fuerza o deformación en los circuitos en puente se selecciona de modo que las señales de salida de los circuitos en puente son proporcionales a la fuerza aplicada o el momento de carga o a una deformación del cuerpo geométrico, caracterizado porque la evaluación de las señales de salida de los al menos dos circuitos en puente eléctrico se realiza de manera que éstos comparan entre sí en primer lugar las señales que aparecen proporcionalmente a la fuerza aplicada o al momento de carga o a una deformación del cuerpo geométrico y se evalúan con vistas a las simetrías que aparecen y luego, cuando esta evaluación presenta una plausibilidad con vistas a los resultados a esperar debido a una forma del cuerpo geométrico o debido a las fuerzas, momentos o deformaciones esperados y sus direcciones, se consideran como medida para la fuerza de carga, para un momento aplicado o una deformación aparecida.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las salidas de señales de sensores de fuerza o deformación se correlacionan de forma aditiva.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las salidas de señales de los sensores de fuerza o deformación se correlacionan formando diferencias.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el cuerpo geométrico presenta un eje preferido y porque la primera dirección espacial discurre a lo largo del eje preferido, la segunda dirección espacial es una dirección espacial radial en referencia a la primera dirección espacial o una dirección espacial circular, que señala a lo largo de una dirección circunferencial alrededor de la primera dirección espacial y porque se realiza una evaluación de las señales del circuito en puente eléctrico en coordenadas polares o coordenadas cilíndricas.
5. Sistema de medición para la determinación de las deformaciones de un cuerpo geométrico (10, 20) o para la medición de las fuerzas o momentos que actúan sobre un cuerpo geométrico (10, 20) mediante sensores de fuerza o deformación (12, 13), con varios sensores de fuerza o deformación (12, 13) dispuestos en el cuerpo geométrico (10) en al menos dos grupos, de manera que un primer grupo de los sensores de fuerza o deformación (12) detecta las fuerzas de carga o deformaciones del cuerpo geométrico (10) ejercidas sobre el cuerpo geométrico (10) a lo largo de una primera dirección espacial de un sistema de coordenadas fijo en referencia al cuerpo geométrico (10) y un segundo grupo de sensores de fuerza o deformación (13) detecta las fuerzas de carga o deformaciones del cuerpo geométrico (10) ejercidas sobre el cuerpo geométrico (10) a lo largo de una segunda dirección espacial de un sistema de coordenadas fijo en referencia al cuerpo geométrico (10), que es independiente linealmente de la primera dirección espacial, en el que está previsto un dispositivo de evaluación que combina entre sí las salidas de señales de los sensores de fuerza o deformación (12, 13) para la detección y evaluación de señales y para la determinación o valoración de las componentes de fuerza o deformación que actúan en las diferentes direcciones espaciales, en el que el dispositivo de evaluación comprende un circuito en puente eléctrico, en el que se prevén al menos cuatro sensores de fuerza o deformación (12, 13) por cada grupo de los sensores de fuerza o deformación (12, 13) y respectivamente cuatro de los sensores de fuerza o deformación (12, 13) se conectan con sus salidas de señales en un circuito en puente eléctrico, en el que el dispositivo de evaluación comprende una unidad de evaluación de señales para la evaluación de las señales de salida de los al menos dos circuitos en puente eléctrico así formados para la determinación de las deformaciones o fuerzas o momentos y en el que las salidas de señales de los sensores de fuerza o deformación (12, 13) en los circuitos en puente eléctrico están conexionadas de modo que las señales de salida de los circuitos en puente son proporcionales a la fuerza aplicada o el momento de carga o a una deformación del cuerpo geométrico (10), caracterizado porque la unidad de evaluación de señales está concebida para realizar las señales de salida de los al menos dos circuitos en puente eléctrico, de manera éstos comparan entre sí en primer lugar las señales que aparecen proporcionalmente a la fuerza aplicada o al momento de carga o a una deformación del cuerpo geométrico (10) y se evalúan con vistas a las simetrías que aparecen y luego, cuando esta evaluación presenta una plausibilidad con vistas a los resultados a esperar debido a una forma del cuerpo

geométrico o debido a las fuerzas, momentos o deformaciones esperados y sus direcciones, se consideran como medida para la fuerza de carga, para un momento aplicado o una deformación aparecida.

5 6. Sistema de medición según la reivindicación 5, caracterizado porque el dispositivo de evaluación está concebido para correlacionar de forma aditiva las salidas de señales de los sensores de fuerza o deformación (12, 13).

7. Sistema de medición según una de las reivindicaciones 5 o 6, caracterizado porque el dispositivo de evaluación está concebido para correlacionar formando diferencias las salidas de señales de los sensores de fuerza o deformación (12, 13).

10 8. Sistema de medición según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado porque el cuerpo geométrico (10) presenta un eje preferido (23) y porque la primera dirección espacial discurre a lo largo del eje preferido (23), la segunda dirección espacial es una dirección espacial radial en referencia a la primera dirección espacial o una dirección espacial circular, que señala a lo largo de una dirección circunferencial alrededor de la primera dirección espacial y porque el dispositivo de evaluación está concebido para una evaluación de las señales procesadas en coordenadas polares o coordenadas cilíndricas.

15 9. Sistema de medición según una de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado porque los sensores de fuerza o deformación (12, 13) comprenden sensores DMS (galgas extensiométricas) o sensores SAW (de ondas acústicas superficiales).

20 10. Sistema de medición según una de las reivindicaciones 5 a 9, caracterizado por medios para la transmisión inalámbrica de la señales de sensores y/o señales de datos obtenidas mediante tratamiento posterior de las señales de sensores a un receptor en la unidad de evaluación.



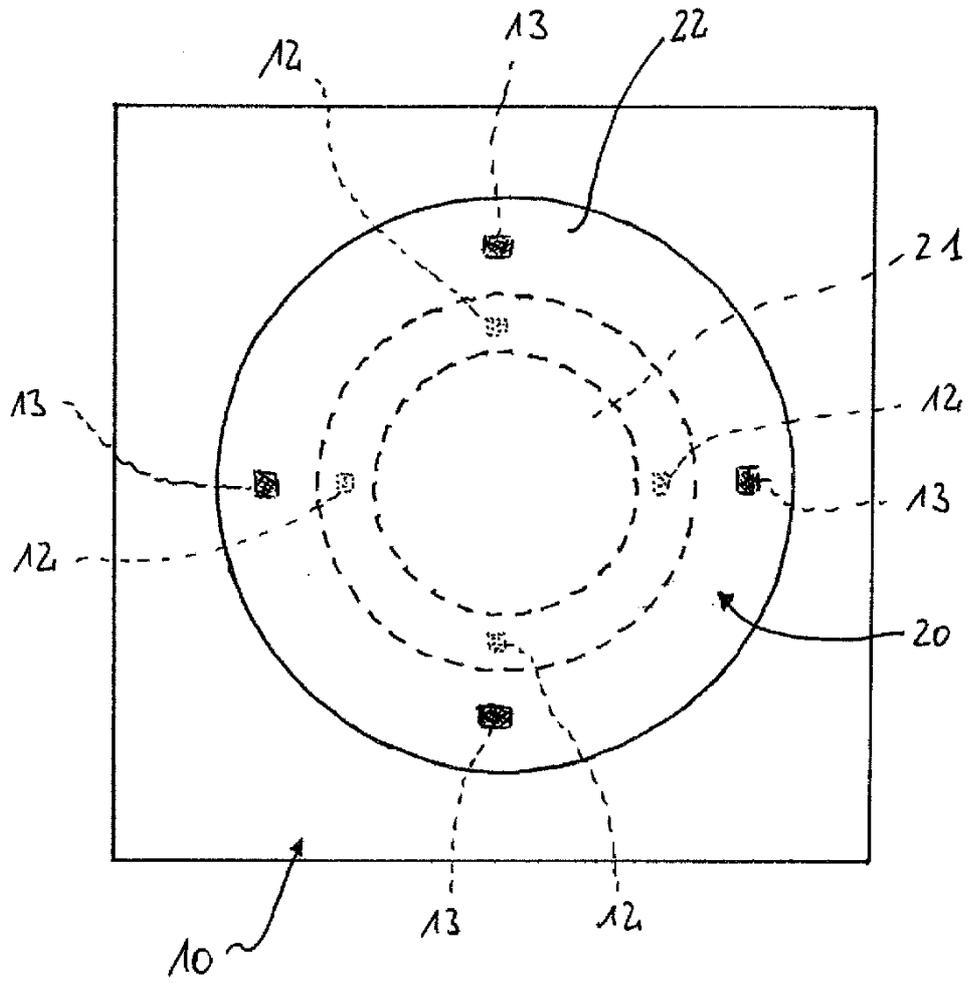


Fig. 2