

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 443 877**

51 Int. Cl.:

B23Q 17/22 (2006.01)

B23Q 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2011 E 11701387 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2013 EP 2365893**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de la posición de una herramienta**

30 Prioridad:

28.01.2010 DE 102010006504

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

20.02.2014

73 Titular/es:

**CHIRON-WERKE GMBH & CO. KG (100.0%)
Kreuzstrasse 75
78532 Tuttlingen, DE**

72 Inventor/es:

PRUST, DIRK

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 443 877 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 para la determinación de la posición de una herramienta

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la determinación de la posición de una herramienta en una máquina herramienta, que presenta un portapiezas así como un portaherramientas trasladable a través de
 10 elementos de construcción con respecto al portapiezas y a una parte de máquina, en el que está sujeta la herramienta para el mecanizado de una pieza de trabajo sostenida por el portapiezas, estando previstos en el portaherramientas un punto de medición próximo a la herramienta y en la parte de máquina al menos otros dos
 puntos de medición, siendo conocida la posición relativa de los otros puntos de medición con respecto a un punto de origen de coordenadas y determinándose la posición del punto de medición próximo a la herramienta con respecto al punto de origen de coordenadas.

15 Además, la presente invención se refiere a una máquina herramienta que presenta un portapiezas así como un portaherramientas trasladable a través de elementos de construcción con respecto al portapiezas y una parte de máquina, en el que está sujeta una herramienta para el mecanizado de una pieza de trabajo sostenida por el portapiezas.

20 Tales procedimientos y máquinas herramienta son conocidos, por ejemplo, por el documento DE 198 53 757 C2 así como por el documento DE 197 43 149 A1.

25 Ambos documentos describen máquinas herramienta en las que se traslada una cabeza de husillo, denominada también cabezal de husillo, a través de elementos de construcción en forma de engranajes acoplados en un plano con respecto a un portapiezas. Los engranajes acoplados están unidos a una escala de longitudes, a través de la cual se mide la ubicación del respectivo elemento de construcción para poder colocar las cabezas de husillo durante el mecanizado.

30 El respectivo sistema de medición está dispuesto en las dos máquinas herramienta conocidas directamente en el espacio de trabajo de la máquina herramienta y está expuesto a las contaminaciones existentes allí. Por el documento WO 99/67066 A1 es conocido un sistema de robot en el que están integrados sistemas de medición de longitudes en los brazos telescópicos que mueven los brazos del robot. Por el documento WO 97/30826 A1 es conocido un procedimiento de colocación en el que con ayuda de procedimientos ópticos se determina la ubicación de una pieza que se puede colocar en el espacio. El documento WO 97/46925 A1 describe el estado de la técnica más próximo de acuerdo con los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 8 con un sistema en el que se emplean dos
 35 interferómetros de láser para determinar la ubicación de un cabezal de mecanizado en el espacio. El documento WO 2005/019769 A1 describe un procedimiento para el establecimiento de desviaciones geométricas de sistemas técnicos de varios cuerpos, en el que son aproximados sucesivamente puntos de medición que no deben estar situados todos en un plano.

40 En el procedimiento conocido por el documento DE 103 30 915 A1, en el espacio de trabajo de una máquina herramienta está previsto un sistema de medición independiente en forma de una barrera de luz láser que está dispuesta de manera oblicua con respecto a los ejes de avance lineales de la cabeza de husillo. En la cabeza de husillo se fija en determinados momentos una herramienta de medición con la que entonces es aproximada la barrera de luz en paralelo con respecto a los ejes de avance y se determina la posición de la cabeza de husillo
 45 cuando se interrumpe la barrera de luz. Los valores reales medidos de este modo se comparan con valores teóricos predefinidos por el control y a partir de esto se calculan valores de corrección que el control tiene en cuenta al emitir nuevos valores teóricos.

50 También este procedimiento se lleva a cabo en una máquina herramienta en la que el sistema de medición está dispuesto directamente en el espacio de trabajo.

55 En todos los procedimientos y máquinas herramienta descritos hasta ahora es desventajoso que el sistema de medición esté dispuesto en el espacio de trabajo, donde está expuesto a las contaminaciones por el mecanizado con desprendimiento de virutas así como el lubricante de refrigeración. En la máquina herramienta del documento DE 103 30 915 A1 además es desventajoso que la determinación de la posición no se pueda realizar de manera paralela al tiempo principal de producción, es decir, no simultáneamente con el mecanizado de piezas de trabajo, sino que para esto se tiene que interrumpir el mecanizado.

60 En las máquinas herramienta conocidas, la precisión del mecanizado se ve influida en particular por desplazamientos térmicos que aparecen, sobre todo, en el husillo principal y en el propio sistema de medición. La causa principal de estos desplazamientos térmicos por un lado son dilataciones en motores, husillos roscados a bolas rodantes, guías lineales así como el cojinete de husillo principal.

65 Por otro lado, también las deformaciones a causa de calentamiento irregular de diferentes componentes de la máquina influyen en la precisión del mecanizado.

La causa de estos desplazamientos térmicos son fuentes de calor internas y externas, pudiéndose tratar las fuentes de calor externas mediante espacios atemperados y disposición de la máquina herramienta de tal manera que no esté expuesta directamente al sol.

5 Las fuentes de calor internas son esencialmente los componentes de la máquina generadores de calor, cuyo calentamiento propio puede tener diferente efecto hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento. A esto pertenecen la rotación de husillo, rozamientos internos y, sobre todo, también el propio proceso de desprendimiento de virutas así como las virutas de metal calientes que se producen a este respecto y el lubricante de refrigeración suministrado.

10 Todos estos factores influyen en el comportamiento térmico de la máquina herramienta y se tienen que reducir para conseguir precisiones correspondientes de mecanizado.

15 Estos factores, a este respecto, se pueden reducir constructivamente o compensarse en cuanto a la técnica de control, para lo que se usan procedimientos directos e indirectos.

Un ejemplo de la reducción constructiva de los problemas de precisión causados por el comportamiento térmico está descrito en el documento DE 103 43 320 A1, donde se atemperan determinados elementos de construcción.

20 En la compensación directa se mide la posición verdadera, es decir, real del husillo principal a través de un sistema de medición independiente y se compara con la posición teórica predefinida respectivamente de manera actual por el control. La desviación establecida se usa en el control para corregir las órdenes de control de recorrido.

25 Un procedimiento de este tipo es conocido, por ejemplo, por el documento que se ha mencionado al principio DE 103 30 915 A1.

30 Ciertamente, este procedimiento es muy preciso, sin embargo, para el proceso de medición se tiene que interrumpir el proceso de fabricación, es decir, la medición no se realiza en paralelo al tiempo principal de producción. Se tiene que considerar otro problema que no es posible una interrupción del proceso de fabricación en determinadas etapas de fabricación. Siempre que estas etapas de fabricación duren mucho, durante este periodo de tiempo no se puede realizar ninguna compensación.

35 En la concentración indirecta, las desviaciones de causa térmica en la posición del husillo principal con respecto a la pieza de trabajo se calculan con ayuda de un modelo matemático a partir de variables auxiliares medidas, tales como la temperatura en distintos puntos en la máquina herramienta, y se usan en el control para la compensación.

Este procedimiento es conocido, por ejemplo, por el documento DE 103 44 903 U.

40 Ciertamente, estas mediciones son posibles de manera paralela al tiempo principal de producción, no obstante, requieren mediciones exhaustivas para establecer los parámetros que se incluyen en el modelo matemático. Además, el modelo matemático reproduce el estado de funcionamiento real con frecuencia sólo de manera incompleta, de tal manera que estos procedimientos no son tan precisos como la compensación directa que se ha mencionado anteriormente.

45 Las desventajas esenciales del estado de la técnica que se ha descrito hasta ahora, por tanto, radican en que, por un lado, los sistemas de medición están expuestos a las contaminaciones y otros esfuerzos del espacio de trabajo, no pudiéndose realizar las mediciones con frecuencia tampoco de manera paralela al tiempo principal de producción.

50 Todo esto conduce a que, al igual que antes, existe una necesidad de nuevas máquinas herramienta y nuevos procedimientos para poder determinar la posición de la herramienta de manera precisa con respecto a la pieza de trabajo sin que los desplazamientos térmicos influyan en esta precisión.

55 Ante este trasfondo, la presente invención tiene el objetivo de perfeccionar los procedimientos mencionados al principio así como la máquina herramienta mencionada al principio, de tal manera que, con una complejidad constructiva reducida, sea posible una determinación rápida y fiable de la posición para el portaherramientas, que se pueda llevar a cabo en paralelo al tiempo principal de producción y se pueda reequipar en máquinas herramienta existentes.

60 En el procedimiento que se ha mencionado al principio para la determinación de la posición de una herramienta, este objetivo se resuelve al medirse con ayuda de al menos dos sistemas de medición de longitudes la separación lineal entre el punto de medición próximo a la herramienta y cada uno de los otros puntos de medición y al determinarse a partir de estas separaciones así como la posición relativa conocida en los otros puntos de medición la posición del punto de medición próximo a la herramienta con respecto al punto de origen de coordenadas y al estar asignado al menos a un sistema de medición de longitudes un elemento de hilo que está fijo en el punto de medición próximo a la herramienta y que se extiende hacia el respectivo otro punto de medición, midiéndose la

longitud respectivamente resultante del elemento de hilo entre el punto de medición próximo a la herramienta y el respectivo otro punto de medición, desviándose preferentemente en el otro punto de medición el elemento de hilo y conduciéndose al sistema de medición de longitudes.

- 5 En la máquina herramienta que se ha mencionado al principio, este objetivo se resuelve al estar previstos al menos dos sistemas de medición de longitudes que registran directamente la separación lineal entre un punto de medición próximo a la herramienta en el portaherramientas y respectivamente otro punto de medición en la parte de máquina y al estar asignado al menos a un sistema de medición de longitudes un elemento de hilo que está fijo en el punto de medición próximo a la herramienta y que se extiende hacia el respectivo otro punto de medición, midiéndose la longitud respectivamente resultante del elemento de hilo entre el punto de medición próximo a la herramienta y el respectivo otro punto de medición, desviándose preferentemente en el otro punto de medición el elemento de hilo y conduciéndose al sistema de medición de longitudes. Mediante el uso de un hilo o alambre, preferentemente de un alambre de poca dilatación de Invar o Kevlar, la escala puede encontrarse fuera del espacio de trabajo, de tal manera que se puede medir muy lejos del acontecimiento de desprendimiento de virutas. A este respecto, el alambre se sujeta a tensión, por ejemplo, mediante un resorte.

20 Los inventores de la presente solicitud, de hecho, han reconocido que el problema principal en el estado de la técnica consiste en que allí con los sistemas de medición de longitudes se establecen los valores de corrección con los que el control también trabaja por lo demás. Otro problema consiste, según lo reconocido por los inventores, en que la medición no se realiza en un punto próximo a la herramienta, sino en las guías o en distintos puntos en la cabeza de husillo, lo que no es posible con la suficiente precisión.

25 De acuerdo con la invención, ahora se determina la posición de la herramienta con respecto a una parte de máquina, que puede ser, por ejemplo, el carro x, midiéndose con un sistema de medición independiente la separación entre un punto próximo a la herramienta y dos puntos separados entre sí en la parte de máquina. Esta medición se realiza con ayuda de sistemas de medición de longitudes que son distintos de los elementos de construcción, lo que conduce a un desacoplamiento de la medición por un lado y del control de los recorridos de traslación de la herramienta por otro lado.

30 Por un "sistema de medición de longitudes" se entiende en el marco de la presente invención un sistema de medición que mide la separación más corta entre dos puntos en el espacio, es decir, por así decirlo, la longitud de la línea recta entre estos dos puntos.

35 Por un "punto de medición próximo a la herramienta" en el marco de la presente solicitud se entiende un punto de medición que se encuentra geoméricamente tan próximo a la herramienta y que está expuesto sólo a desplazamientos mínimos, preferentemente a ningún desplazamiento térmico con respecto a la herramienta o al portaherramientas, que existe una relación fija entre la posición del punto de medición y la posición de la herramienta. Este punto de medición puede estar previsto en el husillo principal o directamente allí donde el husillo principal sale del elemento de construcción que sustenta al mismo.

40 Cuando la posición de los otros dos puntos de medición con respecto al origen de coordenadas es conocida, se puede determinar la ubicación del punto de medición en el espacio y a partir de esto se puede determinar la traslación de la herramienta con respecto a la pieza de trabajo o al portapiezas que lleva la pieza de trabajo.

45 Una ventaja particular en el nuevo procedimiento consiste en que se determina la separación entre los otros dos puntos de medición así como un punto que se encuentra próximo a la herramienta, donde el recorrido de traslación es otro que directamente en las guías, donde miden los sistemas en el estado de la técnica.

50 Se tiene que considerar otra ventaja que las contaminaciones existentes en el espacio de trabajo no producen los problemas que se encuentran en barreras de luz láser.

55 A este respecto, los dos puntos de medición se pueden disponer de tal manera en la parte de máquina que no compartan el posible destino de traslación de esta parte de máquina. Los dos puntos de medición pueden estar dispuestos, por ejemplo, sobre una placa rígida que está desacoplada térmicamente y está fijada sin tensión, por ejemplo, en el carro x o incluso en el propio bastidor inferior.

60 Aquí es importante, sobre todo, que la separación de los dos puntos de medición entre sí y la posición absoluta de al menos uno de estos puntos de medición sean conocidas y no cambien por el comportamiento térmico de la propia máquina herramienta.

Por lo tanto, el nuevo procedimiento se lleva a cabo independientemente del control, no sustituye al control, sino que sólo sirve para la compensación de traslaciones, pudiéndose emplear también para determinar traslaciones después de una colisión.

65 El nuevo procedimiento y la nueva máquina herramienta posibilitan por primera vez determinar de manera continua o esporádica o en determinados momentos durante el mecanizado de una pieza de trabajo a través de un sistema

de medición independiente la posición real de la herramienta independientemente de los elementos de construcción, a través de los cuales se traslada el portaherramientas con respecto al portapiezas.

5 El procedimiento se puede usar como control adicional para la posición del portaherramientas y llevarse a cabo de manera continua, pudiéndose usar también para guiar la máquina herramienta, es decir, para complementar o supervisar el control habitual de la máquina.

10 El procedimiento, no obstante, se puede llevar a cabo también sólo en momentos determinados cuando, por ejemplo, en una posición determinada durante el mecanizado se tiene que llevar a cabo una etapa de mecanizado particularmente precisa. Esto aumenta la precisión, por ejemplo, de la posición de una perforación y también se puede usar para determinar u optimizar la precisión de repetición en puntos determinados de la pieza de trabajo.

15 Sin embargo, también durante un cambio de herramienta automático se puede llevar a cabo para comprobar siempre en estos momentos la máquina herramienta con respecto a traslaciones, que resultan a causa de dilataciones térmicas o cambios de carga, y para compensar las consecuencias de tales traslaciones.

20 Los sistemas de medición de longitudes usados a este respecto, además, no se encuentran en el flujo de fuerza de la máquina herramienta, sino que son independientes del sistema de transmisión de fuerza de la máquina herramienta, lo que aumenta la precisión de la medición.

El objetivo en el que se basa la invención, de este modo, se resuelve por completo.

25 Cuando se determina sólo en determinados momentos la posición del punto de medición próximo a la herramienta, por ejemplo, también durante un cambio de herramienta, únicamente se tienen que registrar pequeñas desviaciones del valor teórico, lo que posibilita una medición y matemática sencillas y, por tanto, un registro rápido de las desviaciones entre el valor teórico y el valor real.

30 El nuevo procedimiento se emplea de forma particularmente ventajosa para poder reconocer y compensar desplazamientos térmicos. A este respecto se trata de un procedimiento de compensación directo, ya que se mide la posición real directamente, lo que conduce a una elevada precisión.

35 A este respecto, el procedimiento se lleva a cabo independiente de la mecánica de procedimiento habitual y se realiza en paralelo al tiempo principal de producción a causa de los sistemas independientes de medición de longitudes.

40 Ante este trasfondo, la presente invención también se refiere a un procedimiento para la determinación de traslaciones, por ejemplo, como consecuencia de dilataciones térmicas o cambios de carga, en una máquina herramienta que presenta un portapiezas así como un portaherramientas trasladable a través de elementos de construcción con respecto al portapiezas y una parte de máquina, en el que está sujeta una herramienta para el mecanizado de una pieza de trabajo sostenida por el portapiezas, en el que en determinados momentos durante el mecanizado de la pieza de trabajo se determina la posición del portaherramientas de acuerdo con el nuevo procedimiento y se compara la posición real determinada de este modo con una posición teórica, llevándose a cabo preferentemente en los momentos determinados un cambio de herramienta o comenzándose un proceso de mecanizado, por ejemplo, una perforación.

45 El objetivo en el que se basa la invención se resuelve también de este modo por completo.

50 A este respecto, se prefiere que se pueda trasladar el portaherramientas en un plano abarcado por los puntos de medición con respecto a la parte de máquina, pudiéndose trasladar preferentemente el portaherramientas junto con la parte de máquina en perpendicular con respecto al plano abarcado por los puntos de medición en relación con el portapiezas y estando previstos dos sistemas de medición de longitudes.

55 En esta medida es ventajoso que la posición real se puede describir con fórmulas matemáticas sencillas y, por consiguiente, se puede calcular rápidamente. Entonces, los otros dos puntos de medición se disponen, por ejemplo, en una máquina de soporte desplazable en el carro x al fijarse allí la parte de máquina, por ejemplo, desacoplada térmicamente. De este modo se determina la posición real en el plano y/z, lo que es suficiente para la mayoría de los casos de aplicación.

60 Como alternativa se prefiere que la parte de máquina esté dispuesta de manera no desplazable con respecto al portapiezas en la máquina herramienta y estén previstos tres sistemas de medición de longitudes.

Cuando los sistemas de medición de longitudes no avanzan también se necesita una tercera separación, para lo que se puede disponer la parte de máquina en el caso de una máquina de soporte desplazable en el bastidor inferior.

65 En total, se prefiere que se pueda trasladar el portaherramientas con respecto al portapiezas respectivamente de forma lineal en tres ejes ortogonales.

Esto conlleva para la traslación de la herramienta una cinemática seriada, por ejemplo, de una máquina de soporte desplazable, en la que los ejes están estructurados de forma superpuesta. De forma independiente de esto existen los sistemas de medición de longitudes para la medición de la posición cinemática en paralelo, que están desacoplados entre sí.

5 A este respecto se prefiere que los sistemas de medición de longitudes estén dispuestos al menos en parte en la parte de máquina.

10 Esta medida es constructivamente ventajosa ya que no se tienen que facilitar lugares de montaje independientes para los sistemas de medición de longitudes. De este modo también se pueden reequipar o equipar posteriormente de acuerdo con la invención máquinas herramienta existentes.

15 Finalmente se prefiere que al menos un sistema de medición de longitudes comprenda un sensor de tracción de cable.

Esto es una configuración constructivamente ventajosa de los sistemas de medición de longitudes que están disponibles en el mercado.

20 Entonces se prefiere que la parte de máquina esté desacoplada térmicamente de la máquina herramienta.

En este caso es ventajoso que la separación decisiva para la precisión de la medición entre los otros puntos de medición (A, B, C) no comparta el destino térmico de la máquina herramienta.

25 Resultan otras ventajas a partir de la descripción y del dibujo adjunto.

Se entiende que las características mencionadas anteriormente y todavía a explicar en lo sucesivo se pueden usar no sólo en la combinación respectivamente indicada, sino también en otras combinaciones o en solitario sin apartarse del alcance de la presente invención.

30 Un ejemplo de realización de la invención está representado en el dibujo y se explica con más detalle en la siguiente descripción. Muestran:

La Fig. 1, la nueva máquina herramienta en una vista lateral esquemática, estando dispuesto un punto de medición cerca del portaherramientas y otros dos puntos de medición sobre una parte de máquina en el carro x;

35 La Fig. 2, una representación esquemática de cómo en la máquina herramienta de la Fig. 1 a partir de las separaciones medidas entre el punto de medición cerca del portaherramientas y los otros dos puntos de medición se determina la ubicación relativa del punto de medición S con respecto al origen de coordenadas;

40 La Fig. 3, un primer ejemplo de realización de un sistema de medición de longitudes con el que se determina la separación entre el punto de medición S y el punto de medición A;

45 La Fig. 4, otro ejemplo de realización del sistema de medición de longitudes; y

La Fig. 5, una representación como en la Fig. 1, estando dispuestos sin embargo otros tres puntos de medición en la parte de máquina que ahora está fijada en el bastidor inferior.

50 En la Fig. 1 está representada en una vista lateral esquemática una máquina herramienta 10 que está configurada como máquina de soporte desplazable vertical. La nueva máquina herramienta puede estar presente también como máquina de soporte desplazable horizontal, en forma constructiva de portal o en uno de los otros tipos constructivos habituales, la máquina de soporte desplazable vertical en el presente documento únicamente sirve para explicar la invención.

55 La máquina herramienta 10 comprende un bastidor inferior 11 que puede estar fabricado de una viga de apoyos fijos y móviles rigidizada u hormigón polimérico. En el bastidor inferior 11 está configurada como portapiezas una mesa portapiezas 12 indicada esquemáticamente, sobre la cual en la Fig. 1 se puede ver una pieza de trabajo 14 que está sujeta a través de medios de sujeción 15 y 16 sobre la mesa portapiezas 12.

60 En el bastidor inferior 11 está dispuesto sobre guías lineales 17 un carro x 18 que puede entrar o salir del plano del dibujo de la figura, lo que se corresponde con el eje x de la máquina herramienta 10.

Sobre el carro x 18 están dispuestos patines de guía 19 en los que se puede trasladar un soporte 21 transversalmente con respecto a la dirección x, es decir, en dirección y, con respecto al bastidor inferior 11.

65

El soporte 21 lleva en su lado anterior guías 22 en las que se puede trasladar un cabezal de husillo 23 transversalmente con respecto a la dirección x así como transversalmente con respecto a la dirección y, es decir, en dirección z con respecto al bastidor inferior 11.

- 5 El cabezal de husillo 23 lleva, de forma en sí conocida, un husillo principal 24 accionado mediante giro que sirve de portaherramientas y en el que está sujeta una herramienta 25 para mecanizar la pieza de trabajo 14.

10 Las guías lineales 17, el carro x 18, patines de guía 19, soporte 21, guías 22 y cabezal de husillo 23 son elementos de construcción que están provistos de accionamientos y escalas lineales propias u otros sistemas de medición para, con ayuda de un control de máquina indicado en 20, poder trasladar de forma dirigida el portaherramientas con respecto al portapiezas y poder regular la posición del respectivo elemento de construcción.

15 Del modo descrito hasta ahora, por tanto, se puede trasladar la herramienta 25 con respecto a la pieza de trabajo 14 en tres ejes ortogonales entre sí, tal como está mostrado mediante un sistema de coordenadas indicado en 26. El sistema de coordenadas 26 define un punto de origen de coordenadas K, con respecto al cual es conocida la posición de la pieza de trabajo 14 y actualmente se aproxima a la posición de la herramienta 25 bajo el mando del control de máquina 20 respectivamente a través de los elementos de construcción 18, 21, 23.

20 Durante el funcionamiento de la máquina herramienta 10 ahora se producen desplazamientos térmicos tal como ya se han mencionado al principio. Estos desplazamientos térmicos conducen a que la posición teórica de la herramienta 25 con respecto al punto de origen de coordenadas K difiere de la posición real verdadera, de tal manera que no se puede realizar el mecanizado de la pieza de trabajo 14 con la precisión y con la repetibilidad requeridas.

25 Para poder compensar estos desplazamientos térmicos, la máquina herramienta 10 presenta, adicionalmente a los elementos de construcción 18, 21, 23, otro sistema de medición independiente con dos sistemas de medición de longitudes, con los que se pueden determinar las separaciones entre un punto de medición S próximo a la herramienta y otros dos puntos de medición A y B. Como se puede ver en la Fig. 1, el punto de medición S próximo a la herramienta está dispuesto en el cabezal de husillo 23 directamente allí donde el husillo principal 24 sale del cabezal de husillo 23 hacia abajo. De este modo, el punto de medición S está ubicado tan próximo como sea posible a la herramienta 25, de tal manera que la posición actual del punto de medición S se corresponde con la posición de la herramienta 25 o a partir de la misma se puede deducir la posición de la herramienta 25.

30 Los puntos de medición A y B están previstos en una parte de máquina configurada como placa 27 rígida, que está fijada a través de un angular 28 de forma rígida pero desacoplada térmicamente en el carro x 18. De este modo, los puntos de medición A y B avanzan junto con el carro x 18, no obstante, no comparten su "destino de desplazamiento" térmico.

35 A través de dos sistemas de medición de longitudes únicamente indicados en la Fig. 1 en 30 se determina ahora la separación \overline{AS} entre el punto de medición S y el punto de medición A así como la separación \overline{BS} entre el punto de medición S y el punto de medición B. Los dos sistemas de medición de longitudes 30 están colocados en la placa 27, de tal manera que se encuentran fuera de la zona de trabajo de la herramienta 25.

40 Ya que es conocida la separación entre el punto de medición A y el punto de medición B, mediante las longitudes medidas \overline{AS} y \overline{BS} se puede determinar la posición relativa del punto de medición S con respecto al punto de medición A. Ya que también es conocida la posición relativa del punto de medición A con respecto al punto de origen de coordenadas K, de este modo se puede determinar la posición relativa del punto de medición S con respecto al punto de origen de coordenadas K, tal como se explicará ahora brevemente mediante la Figura 2.

45 En la Figura 2 arriba está representada esquemáticamente la relación geométrica entre el punto de medición S, los dos puntos de medición A y B así como el punto de origen de coordenadas K.

50 El punto de medición S y los puntos de medición A y B abarcan junto con un punto R imaginario dos triángulos rectángulos, cuyo cateto adyacente y es igual para ambos triángulos, mientras que el cateto contrario z se diferencia en la separación \overline{AB} conocida.

55 Abajo en la Fig. 2 está representado que a través de la función de seno así como la función coseno normales se pueden crear cuatro ecuaciones en las que los ángulos α y β así como las distancias y y z no son conocidos, mientras que las tres separaciones \overline{AS} , \overline{BS} y \overline{AB} son conocidas o se miden.

60 Por tanto, se trata de un sistema geométrico determinado de manera inequívoca, de tal manera que se pueden calcular las distancias y y z.

En la Figura 2 está representada también la posición relativa del punto de medición A así como del punto de medición S con respecto al punto de origen de coordenadas K.

5 Ya que es conocida la posición relativa del punto de medición A con respecto al punto de origen de coordenadas K, ahora se puede determinar la posición relativa del punto de medición S con respecto al punto del origen de coordenadas K mediante las dos ecuaciones inferiores en la Fig. 2.

10 Esta posición relativa se corresponde con la posición real verdadera del punto de medición S que ahora se puede comparar con la posición teórica predefinida por el control y se puede usar para la determinación de valores de corrección, que entonces el control tiene en cuenta durante el proceso posterior.

Para la determinación de las separaciones \overline{AS} y \overline{BS} se pueden usar distintos sistemas de medición de longitudes 30, tal como se describirá ahora a modo de ejemplo mediante las Fig. 3 a 6.

15 En la Fig. 3, el sistema de medición de longitudes 30 usa un hilo o alambre 29 que está fijado en el punto de medición S y que se desvía a través del punto de medición A, de tal manera que llega a un resorte 31 que tensa el hilo 29. Cuando se mueve el punto de medición S, entonces el resorte 31 correspondientemente se extiende o se retrae.

20 El hilo o alambre 29 está fabricado a partir de un material de longitud invariable, tal como Invar o Kevlar, de tal manera que no cambia con respecto a su longitud ni con esfuerzo de tracción ni con cambios de temperatura.

25 Entre el punto de desviación A y el resorte 31 está dispuesto en el hilo o alambre 29 un indicador de medición 32 que interacciona con una escala 33. Con movimiento del punto de medición S, por tanto, el indicador de medición 32 se traslada con respecto a la escala de longitudes 33. Cuando es conocida la separación de la escala 33 del punto de medición A, ahora con ayuda de la escala de longitudes 33 se puede determinar la separación lineal entre los puntos medición S y A cuando también es conocida la longitud total del hilo o alambre 29 entre el punto de medición S y el indicador de medición 32.

30 El indicador de medición 32 y la escala de longitudes 33 forman conjuntamente un sistema de medición lineal. Para tales sistemas de medición lineal se consideran sistemas de medición ópticos que usan una escala de acero o vidrio, potenciómetros lineales que se hacen funcionar como divisores de tensión, captadores de recorrido inductivos en los que un punzón metálico se introduce en un paquete de bobinas, sensores de cinta magnética en los que se explora una cinta magnética con estructuración magnética de alta resolución así como, por ejemplo, medidores de separación de láser.

35 A este respecto, en el sistema de medición lineal 34 es importante que se disponga fuera del espacio de trabajo. El punto de medición y punto de desviación A así como la longitud del hilo o alambre 29 entre el punto de desviación A y el indicador de medición 32 permite una colocación discrecional del sistema de medición lineal 34.

40 En la Fig. 4 está mostrado otro sistema de medición de longitudes. Este sistema de medición de longitudes usa un denominado sensor de tracción de cable 46 que determina la longitud del hilo o alambre 29 ya conocido por la Fig. 3.

45 El sensor de tracción de cable 46 también está disponible en el mercado, comprende un tambor 47 sobre el cual se enrolla el hilo o alambre 29 así como un resorte de torsión 48 a través del cual se tensa el hilo o alambre 29. Al tambor 47 está unido un codificador giratorio 49 que registra el giro del tambor 47 cuando se mueve el punto de medición S.

50 Cuando son conocidas la separación entre el punto de desviación A y el sensor de tracción de cable 46 así como la longitud del hilo o alambre 29, por tanto, se puede determinar en cualquier momento la separación lineal entre los puntos de medición S y A.

55 En la máquina herramienta mostrada en la Fig. 1 se determina la posición del punto de medición S en el plano y/z, ya que los otros puntos de medición A y B avanzan junto con el carro x 18. Se ha visto que estas mediciones son suficientes para la compensación de desplazamientos térmicos debido a que la máquina herramienta está estructurada simétricamente con respecto al plano y/z. En otras palabras, no existen momentos de vuelco en dirección x, siendo la precisión de traslación en dirección x también más precisa que en dirección y y z debido a que el carro x 18 se mueve mediante un husillo roscado de bolas que se compensa por una escala de vidrio.

60 Si a pesar de esto todavía se requiriese una compensación en dirección x, entonces el sistema de medición mostrado en la Fig. 1 se puede ampliar fijándose la placa 27 no en el carro x 18, sino en el bastidor inferior 11. Cuando ahora se traslada el cabezal de husillo 23 con respecto al bastidor inferior 11, entonces cambia la separación entre el punto de medición S por un lado y los puntos de medición A y B por otro lado en las tres dimensiones, de tal manera que se tiene que determinar otra incógnita. Esto se puede realizar previéndose un tercer punto de medición C, determinándose a través de un tercer sistema de medición de longitudes 30 dispuesto en la

placa 27 la separación entre el punto de medición C y el punto de medición S.

5 El punto de medición C, a este respecto, se dispone en la placa 27 de tal manera que no se encuentra en el plano abarcado por los puntos A, B y S. Como alternativa, la placa 27 puede permanecer con los puntos de medición A y B también, como en la Fig. 1, en el carro x 18, mientras que el punto de medición C se prevé en una placa independiente que se fija en el bastidor inferior 11.

10 La relación geométrica necesaria para esto se parece a la relación representada en la Fig. 2, proyectándose ahora en este caso la ubicación de las separaciones \overline{AS} , \overline{BS} y \overline{CS} en el espacio para el cálculo de acuerdo con la Fig. 2 en los planos x/y, x/z e y/z.

15 Por motivos de precisión puede ser necesario no disponer los demás puntos de medición A, B y C unos entre otros, es decir, a lo largo del eje x, tal como se muestra en la Figura 7, sino alinear por ejemplo dos puntos de medición en dirección z uno con respecto a otro, tal como está mostrado en la Fig. 1, y disponer otro punto de medición en dirección x o y con respecto a uno de los dos primeros puntos de medición.

20 La máquina herramienta 10 de la Fig. 5 está equipada con un almacén de herramientas indicado esquemáticamente en 51, que también puede estar previsto en la máquina herramienta 10 de la Fig. 1. En este almacén de herramientas 51 están almacenados herramientas de recambio 52 que se recambian de forma en sí conocida, por ejemplo, en el procedimiento de recogida o mediante brazos de cambio de herramienta, durante el funcionamiento por la herramienta 25.

25 La determinación de la posición para la herramienta 25, 52 respectivamente cambiada o para el punto de medición S ahora, por un lado, se puede realizar de forma continua, es decir, en paralelo y simultáneamente al control de la máquina herramienta 10 a través del control de máquina 20. Sin embargo, también es posible una determinación esporádica de la posición real, es decir, sólo en determinados momentos durante el mecanizado de una pieza de trabajo.

30 Esto se puede usar como control adicional para la posición del portaherramientas o se puede llevar a cabo en determinados momentos cuando se realiza, por ejemplo, un cambio de herramienta. Entonces se encuentra el husillo principal por norma general en una posición fija de transferencia de herramienta, de tal manera que la medición se realiza de forma rápida y sencilla y el cálculo de la posición real matemáticamente no es problemático. Esto es suficiente para muchos casos de aplicación.

35 La determinación de la posición a través de los sistemas de medición de longitudes 30 sin embargo se puede realizar también en determinadas posiciones durante el mecanizado cuando, por ejemplo, se tiene que llevar a cabo una etapa particularmente precisa del mecanizado. Esto aumenta la precisión, por ejemplo, en la posición de una perforación, y también se puede usar para determinar la precisión de repetición en puntos determinados de la pieza de trabajo.

40

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de la posición de una herramienta (25) en una máquina herramienta (10) que presenta un portapiezas (12) así como un portaherramientas (24) trasladable a través de elementos de construcción (18, 21, 23) con respecto al portapiezas (12) y a una parte de máquina (27), en el que está sujeta la herramienta (25) para el mecanizado de una pieza de trabajo (14) sostenida por el portapiezas (12), estando previstos en el portaherramientas (24) un punto de medición (S) próximo a la herramienta y en la parte de máquina (27) al menos otros dos puntos de medición (A, B, C), siendo conocida la posición relativa de los otros puntos de medición (A, B, C) con respecto a un punto de origen de coordenadas (K) y determinándose la posición del punto de medición (S) próximo a la herramienta con respecto al punto de origen de coordenadas (K), midiéndose con ayuda de al menos dos sistemas de medición de longitudes (30) la separación lineal (\overline{AS} , \overline{BS} , \overline{CS}) entre el punto de medición (S) próximo a la herramienta y cada uno de los otros puntos de medición (A, B, C) y determinándose a partir de estas separaciones (\overline{AS} , \overline{BS} , \overline{CS}) así como la posición relativa conocida de los otros puntos de medición (A, B, C) la posición del punto de medición (S) próximo a la herramienta con respecto al punto de origen de coordenadas (K), **caracterizado por que** a al menos un sistema de medición de longitudes (30) está asignado un elemento de hilo (29) que está fijo en el punto de medición (S) próximo a la herramienta y que se extiende hacia el respectivo otro punto de medición (A, B, C), midiéndose la longitud respectivamente resultante del elemento de hilo (29) entre el punto de medición (S) próximo a la herramienta y el respectivamente otro punto de medición (A, B, C).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el portaherramientas (24) se puede trasladar en un plano (y, z) abarcado por los puntos de medición (S, A, B) con respecto a la parte de máquina (27).
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** el portaherramientas (24) se puede trasladar junto con la parte de máquina (27) en perpendicular (x) con respecto al plano (y, z) abarcado por los puntos de medición (S, A, B) con respecto al portapiezas (12) y están previstos dos sistemas de medición de longitudes (30).
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la parte de máquina (27) está dispuesta de forma no desplazable con respecto al portapiezas (12) en la máquina herramienta (10) y están previstos tres sistemas de medición de longitudes (30).
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el portaherramientas (24) se puede trasladar con respecto al portapiezas (12) respectivamente de forma lineal en tres ejes ortogonales (x, y, z).
6. Procedimiento para la determinación de traslaciones, por ejemplo, como consecuencia de dilataciones térmicas o cambios de carga, en una máquina herramienta (10) que presenta un portapiezas (12) así como un portaherramientas (24) trasladable a través de elementos de construcción (18, 21, 23) con respecto al portapiezas (12) y una parte de máquina (27), en el que está sujeta una herramienta (25) para el mecanizado de una pieza de trabajo (14) sostenida por el portapiezas (12), en el que durante el mecanizado de la pieza de trabajo (14) se determina la posición del portaherramientas (24) según el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5 y la posición real determinada de este modo se compara con una posición teórica.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** se determina la posición del portaherramientas en determinados momentos cuando, por ejemplo, se lleva a cabo un cambio de herramienta o se comienza un proceso de mecanizado, por ejemplo, una perforación.
8. Máquina herramienta que presenta un portapiezas (12) así como un portaherramientas (24) trasladable a través de elementos de construcción (18, 21, 23) con respecto al portapiezas (12) y una parte de máquina (27), en el que está sujeta una herramienta (25) para el mecanizado de una pieza de trabajo (14) sostenida por el portapiezas (12), estando previstos al menos dos sistemas de medición de longitudes (30) que registran directamente la separación lineal entre un punto de medición (S) próximo a la herramienta en el portaherramientas y respectivamente otro punto de medición (A, B, C) en la parte de máquina, **caracterizada por que** a al menos un sistema de medición de longitudes (30) está asignado un elemento de hilo (29) que está fijo en el punto de medición (S) próximo a la herramienta y que se extiende hacia el respectivo otro punto de medición (A, B, C), midiéndose la longitud respectivamente resultante del elemento de hilo (29) entre el punto de medición (S) próximo a la herramienta y el respectivo otro punto de medición (A, B, C).
9. Máquina herramienta de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizada por que** el portaherramientas (24) se puede trasladar junto con la parte de máquina (27) en perpendicular (x) con respecto al plano (y, z) abarcado por los puntos de medición (S, A, B) con respecto al portapiezas (12) y están previstos dos sistemas de medición de longitudes (30).
10. Máquina herramienta de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizada por que** la parte de máquina (27) está dispuesta de forma no desplazable con respecto al portapiezas (12) en la máquina herramienta (12) y están

previstos tres sistemas de medición de longitudes (30).

11. Máquina herramienta de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizada por que** los sistemas de medición de longitudes (30) están dispuestos al menos en parte en la parte de máquina (27).

5 12. Máquina herramienta de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizada por que** al menos un sistema de medición de longitudes (30) comprende un sensor de tracción de cable (45).

10 13. Máquina herramienta de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizada por que** en el otro punto de medición (A, B, C) se desvía el elemento de hilo (29) y se conduce hacia el sistema de medición de longitudes (34, 41, 45).

15 14. Máquina herramienta de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizada por que** la parte de máquina (27) está desacoplada térmicamente de la máquina herramienta (10).

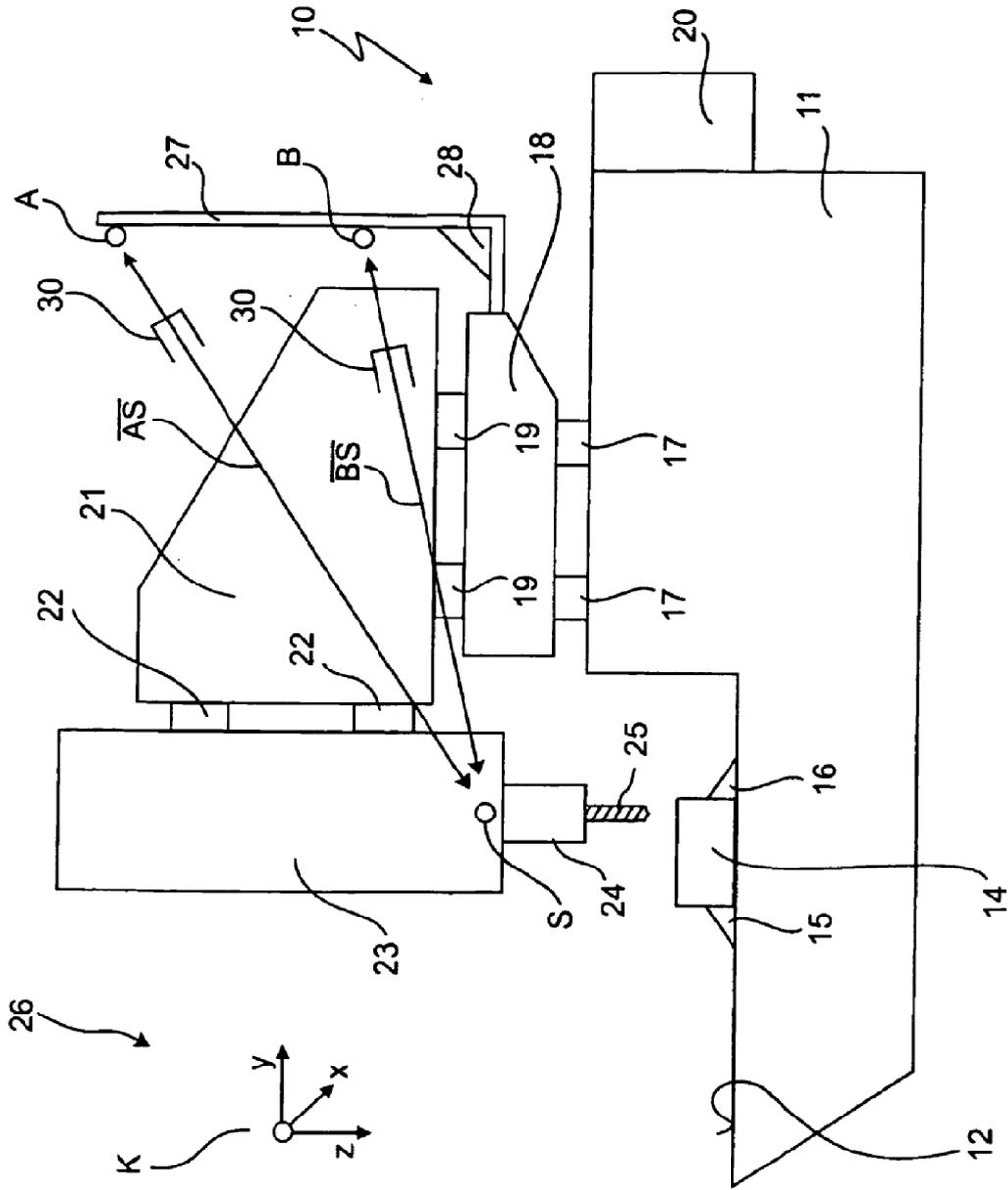
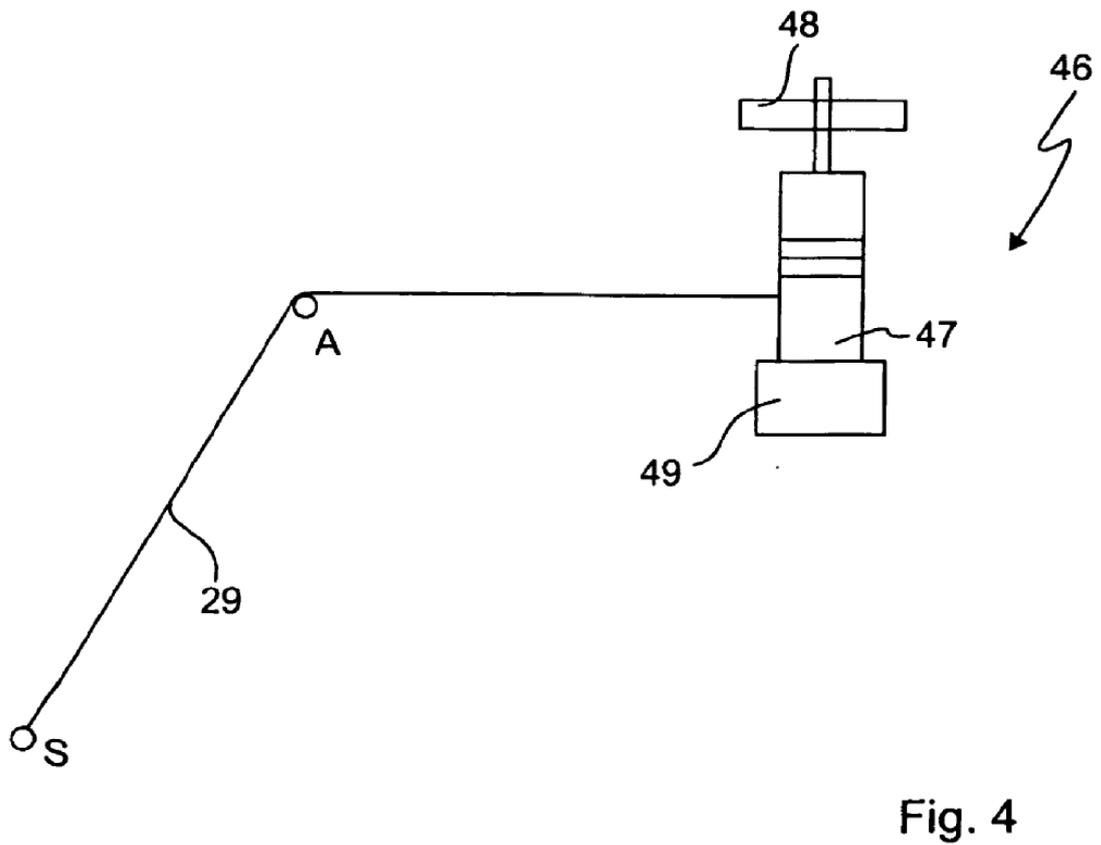
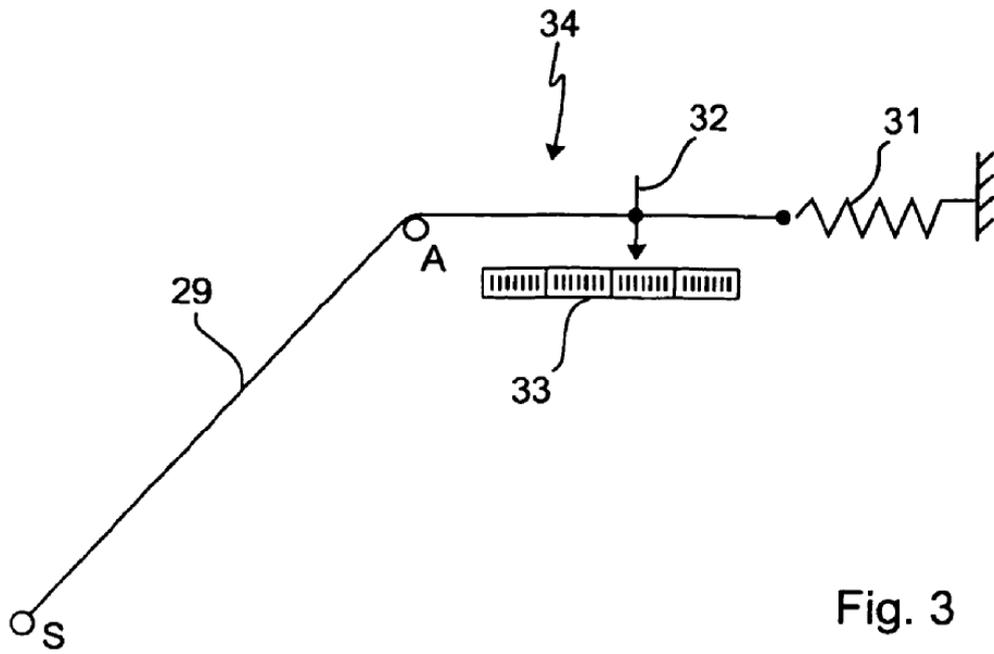


Fig. 1



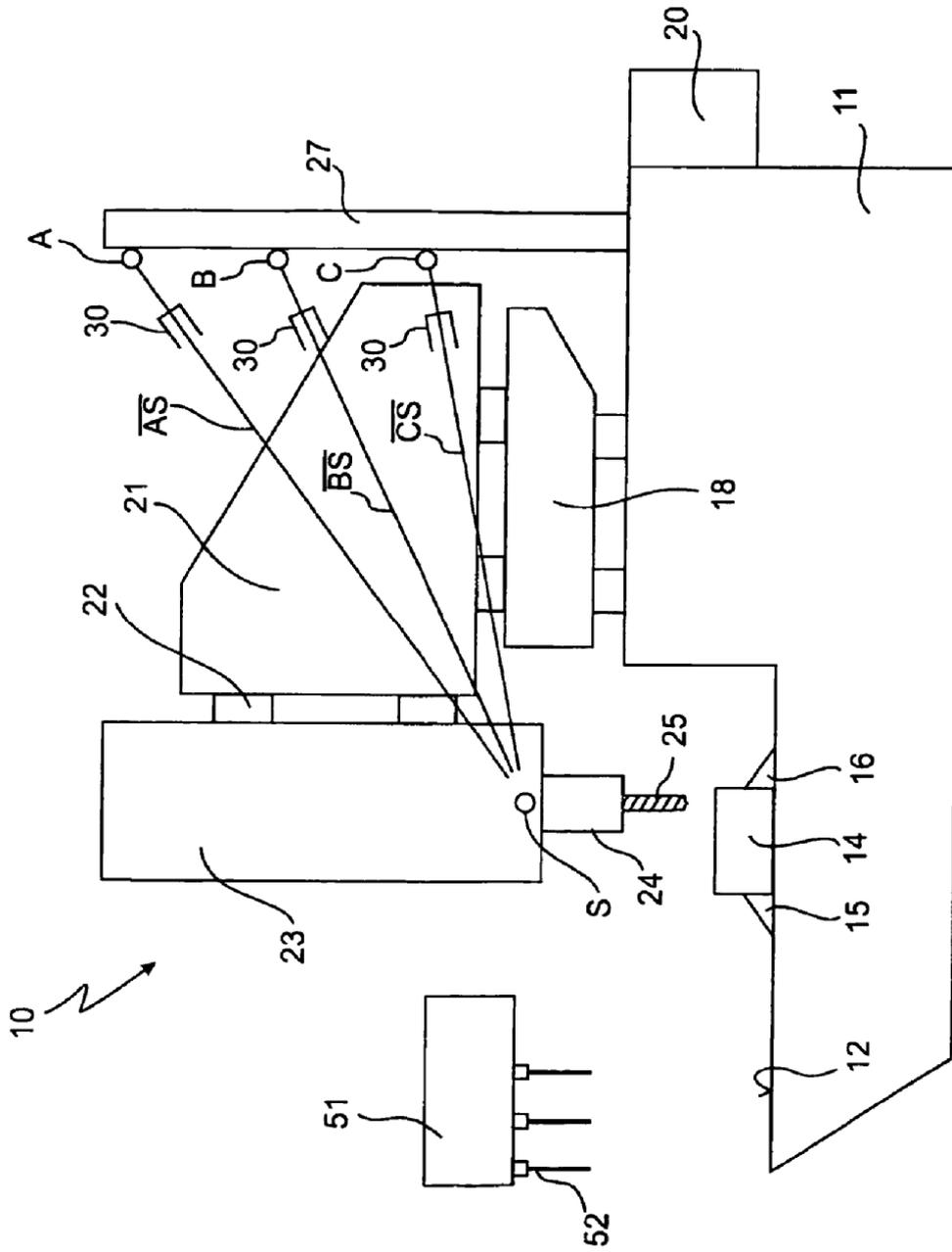


Fig. 5