

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 072**

51 Int. Cl.:

B66C 13/08 (2006.01)

B66C 13/16 (2006.01)

G01G 23/37 (2006.01)

G01G 19/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.04.2008 E 08735239 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 2137503**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de centros de gravedad máxicos en estructuras grandes**

30 Prioridad:

10.04.2007 DE 102007017462

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

05.11.2013

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (50.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE y
UNIVERSITÄT ROSTOCK (50.0%)**

72 Inventor/es:

**WURST, OLIVER;
WANNER, MARTIN-CHRISTOPH y
SCHUBERT, BIRGER**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 428 072 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 centros de gravedad máscicos en estructuras grandes

5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación de un centro de gravedad máscico espacial o centro de gravedad y de una masa o de un peso de un objeto por medio de un dispositivo de elevación. Por regla general la masa y el peso son proporcionales uno con respecto a otro, de manera que el centro de gravedad máscico y el centro de gravedad pueden equipararse.

10 Para objetos de pequeño tamaño y bajo peso están disponibles dispositivos especiales para la determinación del centro de gravedad máscico espacial. Estos dispositivos se usan entre otras cosas en la construcción de aviones así como automóviles. Sin embargo se trata según esto de plataformas de pesaje con dispositivos de elevación que por regla general se fabrican especialmente para el componente que va a medirse respectivamente. Además se conocen todos los sistemas de pesaje disponibles de este tipo sólo para objetos de tamaño y peso pequeño a
15 mediano.

Especialmente en el sector industrial que se dedica a la fabricación de grandes estructuras, tales como empresas del acero y de construcción naval, apenas es posible hasta ahora la determinación experimental del peso y especialmente del centro de gravedad máscico espacial de los componentes estructurales que van a fabricarse. En
20 sectores especiales tales como la construcción de objetos militares o de mar abierto, en los que el peso y la distribución de peso representa un papel decisivo para las propiedades de objeto características, se realiza una gestión costosa del peso y centro de gravedad máscico. La información sobre los pesos individuales y su distribución en peso se determina teóricamente por medio de datos de material y dimensiones, se extrae de datos suministrados o se determina mediante medición técnica. Según esto es problemática la integridad y la fiabilidad de los datos
25 contribuidos así como la problemática de la cuantificación de todos los materiales y módulos tales como por ejemplo cordones de soldadura, aislamientos, conservaciones, tolerancias de material y similares.

En el documento WO 92/22458 A1 se da a conocer un procedimiento para la determinación de un centro de gravedad máscico espacial y de una masa de un objeto por medio de un dispositivo de elevación. A este respecto se
30 coloca el objeto por medio de una multiplicidad de tornos de cable. Una vez colocado pueden determinarse tanto la masa total como el centro de gravedad máscico por medio de las distancias de los tornos de cable. Es desventajoso de un procedimiento de este tipo que el dispositivo de elevación esté diseñado de manera muy específica y pueda realizarse el cálculo del centro de gravedad máscico únicamente de manera insuficiente.

35 De manera similar al estado de la técnica dado a conocer en el documento WO 92/22458, para la determinación de la masa de un objeto grande puede disponerse éste sobre picaderos de sustentación, tales como se usan habitualmente para el depósito de componentes estructurales y secciones. Mediante la integración de sensores de fuerza habituales en el comercio puede incluirse la determinación del peso del objeto sin gasto notable en un proceso empresarial. Con el mismo sistema puede determinarse el centro de gravedad máscico de una estructura
40 grande de construcción de acero al menos en dos dimensiones. Además existen procedimientos sencillos basados en grúa, así como básculas estacionarias que sin embargo no siempre resisten los requerimientos en caso de estructuras grandes y en los que puede determinarse el centro de gravedad máscico igualmente sólo en dos dimensiones.

45 El documento DE 36 29 244 A1 da a conocer un procedimiento conocido y un dispositivo para la determinación del peso y/o de la posición del centro de gravedad espacial de recipientes.

El objetivo del presente procedimiento consiste en determinar, por medio de instalaciones de grúa o dispositivos de elevación industriales, el centro de gravedad máscico espacial y el peso de cuerpos de igual tamaño. El peso
50 admisible del cuerpo que va a analizarse y su dimensión máxima deberían limitarse a este respecto únicamente por la capacidad del dispositivo de elevación que está a disposición. El procedimiento debería ser industrialmente útil, expandible y de fácil manejo para el usuario así como debería funcionar en gran parte de manera automática.

55 El objetivo se consigue con el procedimiento de la reivindicación independiente 1 y de un dispositivo de elevación de la reivindicación 11.

El procedimiento de acuerdo con la invención permite la determinación del centro de gravedad máscico espacial y de la masa de un objeto por medio de un dispositivo de elevación, en el que el dispositivo de elevación presenta al
60 menos dos, preferentemente tres o más, dispositivos de suspensión distintos, en el que un dispositivo de suspensión presenta respectivamente un punto de suspensión y un elemento de cable. En una primera etapa se suspende el objeto en al menos dos puntos de objeto distintos, uniéndose los puntos de objeto respectivamente con un dispositivo de suspensión del dispositivo de elevación. En el estado suspendido se miden al menos dos posiciones espaciales distintas del objeto en el espacio. En cada posición espacial del objeto se mide tanto la orientación del objeto en la posición espacial como las fuerzas del objeto suspendido que actúan sobre los puntos de suspensión.
65 Para cada posición espacial se obtiene un centro de gravedad superficial del objeto, es decir el centro de gravedad máscico se determina en dos coordenadas. Debido a ello, el centro de gravedad superficial tiene en comparación con

el centro de gravedad másico aún una coordenada no determinada; el centro de gravedad superficial es con ello en realidad una recta en el sistema de coordenadas propio del objeto movido conjuntamente, que está orientado en el momento de la medición de manera perpendicular a la tierra y que se designa con frecuencia como línea de acción de fuerzas. Distintas posiciones espaciales en el sentido de la invención se diferencian debido a que no se transfieren una en otra ni mediante un giro alrededor de un eje vertical, ni mediante movimiento de traslación ni mediante una combinación de los dos. Con ayuda de al menos dos centros de gravedad superficiales puede determinarse el centro de gravedad másico espacial mediante la superposición de las líneas de acción de fuerza que giran por el centro de gravedad másico y se encuentra de manera perpendicular a las superficies propias del objeto de los centros de gravedad superficiales.

El procedimiento tiene la ventaja de que debido a la presencia de al menos dos dispositivos de suspensión puede conseguirse la posición espacial del objeto que va a medirse mediante una modificación de las longitudes de cable una con respecto a otra. Partiendo de esa base, el objeto no debe soltarse y debe suspenderse en nuevos puntos de suspensión para determinar las posiciones espaciales distintas. Esto permite la determinación del centro de gravedad másicos espacial en muy poco tiempo. El peso permitido del objeto que va a analizarse y sus dimensiones máximas se limitan a este respecto únicamente mediante la capacidad del dispositivo de elevación que está a disposición, tal como por ejemplo una instalación de grúa, que está constituida por una o varias grúas. Además puede realizarse el procedimiento con ayuda de instalaciones de grúa ya existentes, dado que únicamente deben determinarse las fuerzas que actúan sobre los dispositivos de suspensión.

El procedimiento para la determinación de los centros de gravedad superficiales y en definitiva del centro de gravedad másico se basa en que con el conocimiento de las fuerzas que actúan sobre los puntos de suspensión puede determinarse el equilibrio de momentos con respecto al centro de gravedad másico (y por consiguiente la posición del centro de gravedad másico) con ayuda de ecuaciones mecánicas sencillas.

En particular en caso de objetos muy grandes o muy pesados deberían estar presentes al menos tres dispositivos de suspensión.

Ciertos perfeccionamientos ventajosos del procedimiento de acuerdo con la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

Ventajosamente, durante el uso del procedimiento está presente una unidad de evaluación de datos. En la unidad de evaluación de datos se almacenan y/o se procesan las mediciones de las fuerzas que actúan sobre los elementos de cable o puntos de suspensión. De este modo y manera pueden determinarse de manera rápida y no complicada los centros de gravedad superficiales y en definitiva el centro de gravedad másico en la rutina práctica. Con ayuda de una unidad de evaluación de datos es posible realizar una medición continua de los centros de gravedad superficiales que cambian debido a distintas posiciones espaciales, lo que permite una determinación especialmente rápida y eficaz del centro de gravedad másico.

Ventajosamente se transfieren los resultados de medición con respecto a las fuerzas que actúan sobre los puntos de suspensión y la medición de la orientación del objeto que va a medirse sin cable, en particular por radio, a la unidad de evaluación de datos. Dado que el procedimiento descrito está concebido en particular para la determinación del centro de gravedad másico de estructuras grandes, es apropiado debido a las dimensiones espaciales de las estructuras grandes que las mediciones no deban leerse manualmente, sino que deben reunificarse por radio en la unidad de evaluación de datos. Con ayuda de la unidad de evaluación de datos puede realizarse la evaluación de los resultados de medición automáticamente, lo que conduce a una gran aceptación y fácil manejo para el usuario. A este respecto pueden medirse también más de dos posiciones espaciales, lo que conduce a una redundancia del centro de gravedad másico, dado que se trata de un sistema de ecuación redundante. Por regla general pueden determinarse con sistemas de este tipo únicamente soluciones aproximadas. Debido a la multiplicidad de valores de medición que pueden detectarse en el contexto de las mediciones, puede realizarse una evaluación estocástica que puede consultarse como escala para la seguridad del resultado de medición.

Es conveniente cuando los dispositivos de suspensión pueden accionarse por separado y puede modificarse la longitud del elemento de cable. Esto ofrece un gran ahorro de tiempo en la determinación del centro de gravedad másico. En particular, mediante longitudes de elemento de cable que pueden variarse, pueden realizarse las orientaciones espaciales distintas del objeto mediante una modificación de la proporción de las longitudes de elemento de cable una con respecto a otra y partiendo de esto puede determinarse la orientación del objeto. Es conveniente también la introducción de al menos un sensor de inclinación fijado en el objeto, que determina la orientación del objeto en relación al espacio (o de otro sistema de coordenadas de referencia fijo) por medio de la determinación de los ángulos con respecto a los ejes espaciales fijos. La ventaja consiste en que la medición pueda realizarse en particular en presencia de varios sensores de inclinación de manera fiable y rápida, y en particular pueda combinarse bien con la capacidad de evaluación automática con ayuda de la unidad de evaluación de datos.

Ventajosamente se suspende el objeto en los dispositivos de suspensión de manera que los elementos de cable presentan una posición inclinada inferior a 10° , preferentemente inferior a 5° , con respecto a la perpendicular. La ventaja consiste en que debido a la baja tensión diagonal, las fuerzas que actúan sobre los cables describen casi

- completamente el peso del objeto que va a medirse. Cuanto más pequeña sea la posición inclinada del cable, más exacta es la medición y determinación del peso sin información adicional con respecto a la inclinación de los dispositivos de suspensión, y correspondientemente a esto es posible una determinación más exacta del centro de gravedad másico. Para el caso de que no pueda evitarse una posición inclinada de los elementos de cable, pueden usarse perfeccionamientos de acuerdo con la invención de la invención para la compensación.
- 5 En un perfeccionamiento ventajoso del procedimiento se determinan las fuerzas del objeto que actúan sobre los dispositivos de suspensión mediante sensores. En particular pueden usarse según esto grilletes de carga que disponen de sensores integrados. La ventaja consiste en que puede incluirse una capacidad de evaluación automática en particular en la transmisión de los resultados de medición por radio de manera rápida y eficaz.
- 10 Para calcular el centro de gravedad másico pueden consultarse las fuerzas que actúan sobre los cables de manera y modo distintos para el cálculo del peso y del centro de gravedad másico. En un primer perfeccionamiento ventajoso del procedimiento se dividen las fuerzas que actúan sobre los cables respectivamente en una componente de fuerza vertical y una horizontal. La ventaja consiste en que mediante la determinación de la componente de fuerza vertical sobre los puntos de suspensión individuales puede determinarse el peso del objeto de manera muy exacta y se mejora en su precisión el cálculo de los momentos condicionados por los puntos de suspensión y con ello de los centros de gravedad superficiales y del centro de gravedad másico.
- 15 Otro perfeccionamiento ventajoso consiste en que se dividen las fuerzas que actúan sobre los puntos de suspensión respectivamente en tres componentes de fuerza independientes. Según esto son apropiadas las coordenadas espaciales cartesianas, con las que preferentemente un eje está orientado de manera perpendicular a la tierra. Mediante la medición de tres componentes de fuerza distintas puede realizarse una determinación especialmente exacta del centro de gravedad másico.
- 20 Según esto es ventajoso cuando la unión entre el objeto y los dispositivos de suspensión se realiza a través de una suspensión cardán. Mediante la suspensión cardán puede determinarse de manera eficaz la posición o dirección del dispositivo de suspensión en el espacio.
- 25 Es conveniente que con la medición del peso del objeto se conozca el peso propio de partes del dispositivo de elevación usado. Dado que en particular los pesos suspendidos aguas debajo de un sensor de fuerzas del dispositivo de elevación pueden distorsionar las mediciones de fuerza, es apropiado medir, en el contexto por ejemplo de una medición de tara, las fuerzas que actúan sobre los sensores de fuerza sin un objeto suspendido. Debido a ello puede conseguirse una mejora del resultado de medición y de la determinación del centro de gravedad másico.
- 30 Un dispositivo de elevación de acuerdo con la invención presenta al menos dos, preferentemente tres, dispositivos de suspensión distintos, que disponen respectivamente de un elemento de cable y un punto de suspensión. El número de los dispositivos de suspensión depende del peso y de las dimensiones del objeto que va a medirse, de modo que en caso de objetos muy grandes puede requerirse un número mayor de dispositivos de suspensión. Los dispositivos de suspensión pueden accionarse respectivamente por separado y están libremente suspendidos y presentan sensores, con los que puede determinarse una orientación de un objeto suspendido en el espacio, tal como por ejemplo la proporción de las longitudes de libre suspensión de los elementos de cable uno con respecto a otro. Además está presente una unidad de evaluación de datos que está unida a los sensores.
- 35 Ventajosamente están presentes sensores para la determinación de la inclinación del cable y/o de las fuerzas que actúan sobre los elementos de cable. También éstos están unidos ventajosamente con la unidad de evaluación de datos.
- 40 Es conveniente también que la unidad de evaluación de datos esté unida al menos a otro sensor de inclinación, estando fijado el sensor de inclinación a un objeto suspendido en el dispositivo de elevación. Debido a ello, la unidad de evaluación de datos puede establecer el sistema de coordenadas de un objeto a través de una transformación en relación a un sistema de coordenadas en función del espacio.
- 45 Ventajosamente, los sensores usados se comunican con la unidad de evaluación de datos por radio.
- 50 Hasta ahora se ha discutido únicamente la posibilidad de suspender el objeto en al menos dos dispositivos de suspensión y a continuación determinar el centro de gravedad másico. Como alternativa a ello puede colocarse el objeto también sobre al menos dos, preferentemente tres o más, dispositivos de soporte con respectivamente un punto de apoyo. Mediante una modificación del posicionamiento de los dispositivos de soporte, en particular una modificación de la altura eficaz del dispositivo de soporte por encima del suelo se lleva el objeto a distintas posiciones espaciales, midiéndose las fuerzas que actúan sobre los dispositivos de soporte y determinándose a partir de las mediciones los centros de gravedad superficiales y el centro de gravedad másico espacial. Una única diferencia con respecto al procedimiento explicado anteriormente es que el objeto no está suspendido en los dispositivos de suspensión, sino que se soporta mediante los dispositivos de soporte, tales como por ejemplo picaderos de sustentación. Mediante una capacidad de ajuste de altura de los dispositivos de soporte pueden
- 55
- 60
- 65

originarse las distintas posiciones espaciales de manera análoga a la forma de realización del procedimiento, en el que se modifican las proporciones distintas de las longitudes del cable una con respecto a otra. Únicamente las variantes de procedimiento que exigen realizaciones especiales de grilletes de carga, no se usan directamente.

5 Para la realización del procedimiento se usa un dispositivo de elevación que presenta al menos dos, preferentemente tres o más, dispositivos de soporte de altura ajustable con respectivamente al menos un punto de apoyo y de manera análoga al dispositivo de elevación con puntos de suspensión dispone de una unidad de evaluación de datos. La unidad de evaluación de datos está unida a este respecto con sensores que determinan una posición espacial y/u orientación de un objeto colocado.

10 A continuación se explicará en más detalle por medio de un ejemplo el procedimiento de acuerdo con la invención. Muestran:

- 15 la figura 1 dispositivo de elevación con objeto que va a medirse;
- las figuras 2a y 2b primera y segunda posición espacial del objeto que va a medirse;
- la figura 3 punto de corte de los ejes baricéntricos en el sistema de coordenadas propio del objeto en una representación bidimensional;
- 20 la figura 4 compensación de la tensión diagonal del procedimiento de acuerdo con la invención;
- la figura 5 dispositivo de elevación con unidad de evaluación de datos;
- 25 la figura 6 forma de realización alternativa de un dispositivo de elevación.

La figura 1 muestra un dispositivo de elevación 1 y un objeto 2 fijado al mismo, cuyo centro de gravedad másico 20 ha de determinarse. El dispositivo de elevación 1 presenta tres dispositivos de suspensión 3, 3', 3'', presentando los dispositivos de suspensión respectivamente un elemento de cable 4, 4', 4'' y un punto de suspensión 5, 5', 5''. En este caso son los elementos de cable 4, 4', 4'' de cables de acero que pueden modificarse en su longitud respectivamente por medio de tornos que en este caso no están dibujados y pueden accionarse por separado.

30 El objeto 2 se une en tres sitios distintos con los puntos de suspensión 5, 5', 5''. Mediante una tensión de los elementos de cable 4, 4', 4'' se eleva objeto y se encuentra en reposo cuando los momentos físicos con respecto al centro de gravedad másico del objeto se suman para dar cero y las fuerzas que actúan a este respecto en los puntos de suspensión compensan el peso del objeto. Los momentos se forman mediante las fuerzas que actúan en los puntos de suspensión 5, 5' y 5'' con la separación de los puntos de suspensión del centro de gravedad másico. A este respecto está separado el punto de suspensión 5 una distancia r en la dirección dibujada, el punto de suspensión 5' una separación r' en la dirección dibujada y el punto de suspensión 5'' una distancia r'' en la dirección dibujada del centro de gravedad másico 20 del objeto 2.

45 El procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse también con más de tres o únicamente dos dispositivos de suspensión. La presencia de más de tres dispositivos de suspensión es apropiada en particular en caso de objetos muy pesados o muy grandes 2, dado que debido a ello las fuerzas que actúan sobre los dispositivos de suspensión individuales pueden mantenerse en el contexto de la carga útil del dispositivo de suspensión individual. Además, los cables pueden presentar también un ángulo α , observado desde la perpendicular. Para ello puede realizarse en el procedimiento una compensación de la tensión diagonal, que se describe en las reivindicaciones. Rutinariamente se intenta sin embargo en la mayoría de las veces que sea el ángulo $\alpha < 10^\circ$, preferentemente $< 5^\circ$. Mediante una pequeña desviación de ángulo α puede aprovecharse mejor la carga útil máxima de los dispositivos de suspensión.

55 En los dispositivos de suspensión 3, 3', 3'' están presentes dispositivos para la medición de las fuerzas que actúan sobre el dispositivo de suspensión. Éstos miden la fuerza que actúa debido al objeto 2 sobre los puntos de suspensión 5, 5' y 5''. A este respecto pueden usarse distintos sensores. Así puede medirse por ejemplo con ayuda de sensores la tensión de tracción. Sin embargo es apropiado en particular en caso de objetos grandes usar grilletes de carga y sensores de medición de fuerza fijados a los grilletes de carga o integrados en los grilletes de carga.

60 Con ayuda de una suspensión cardán del objeto que se coloca preferentemente en los puntos de suspensión 5, 5' y 5'', se evita un cruzamiento de los elementos de cable 4, 4', 4'' y aumenta la exactitud de medición del procedimiento, dado que (con la tecnología de sensores correspondiente) la posición por ejemplo de los cables de acero en el espacio con una tecnología de sensores de inclinación puede determinarse con ayuda de sensores de inclinación. Con ayuda de una suspensión cardán se unen los sensores de manera fija con un extremo de la articulación cardán sobre el lado del cable. Debido a ello son posibles ahora dos modificaciones de la orientación de los sensores, que pueden determinarse con ayuda de sensores de inclinación. Con ayuda de la suspensión cardán pueden dividirse las fuerzas que actúan sobre los puntos de suspensión en tres coordenadas cardán. Como alternativa pueden determinarse también los ángulos de giro de las articulaciones cardán. Dependiendo de la

posición inclinada de los cables de acero puede prescindirse de una suspensión cardán sin embargo, en particular en la medición de objetos grandes, con ayuda de dispositivos de elevación con elementos de cable largos 4, 4' y 4'' con ángulo pequeño α , sin empeorar esencialmente la exactitud de medición.

5 A continuación se distingue entre un sistema de coordenadas intrínseco del objeto (x_0, y_0, z_0) y un sistema de coordenadas espacial fijo (x, y, z). Los dos sistemas de coordenadas deben ser cartesianos, aunque pueden usarse también otros sistemas de coordenadas. El sistema de coordenadas espacial tiene un eje vertical y puede transformarse por medio de dos giros en el sistema de coordenadas intrínseco del objeto. El sistema de coordenadas espacial sirve como sistema auxiliar en cada medición individual. Así se transforman en particular los centros de gravedad superficiales o líneas de actuación de fuerza del sistema de coordenadas espacial en el sistema de coordenadas intrínseco del objeto.

15 En la figura 2a se muestra el objeto 2 suspendido en el plano xy en una primera posición o una primera situación espacial. En los dispositivos de suspensión 3, 3' ó 3'' actúa a este respecto una fuerza $F_{S1}, F_{S1'} \text{ o } F_{S1''}$ en dirección del cable, que compensa el peso F_G del objeto 2. La suma de los momentos físicos con respecto al centro de gravedad másico, que resulta de la distancia $r_1, r_1' \text{ o } r_1''$ y la fuerza $F_{S1}, F_{S1'} \text{ o } F_{S1''}$, es en total 0 cuando se encuentra el objeto en reposo. Por medio del cálculo de los momentos físicos y las fuerzas que actúan sobre los cables puede determinarse la posición del centro de gravedad másico 20 del objeto 2 en el plano xz del sistema de coordenadas espacial. La posición del centro de gravedad másico 20 tiene en consecuencia aún un grado de libertad en la dirección y del sistema de coordenadas espaciales. En este sentido se determina el centro de gravedad superficial del objeto en las coordenadas propias del objeto del plano xz del espacio. Ha de tenerse en cuenta que el plano xz del espacio no coincide forzosamente con el plano x_0z_0 del sistema de coordenadas propio del objeto. En las figuras 2a y b se encuentra el eje baricéntrico, que discurre a lo largo del eje y del espacio, no a lo largo del eje y_0 del objeto.

25 Para determinar finalmente el centro de gravedad másico 20 del objeto 2, debe medirse al menos un segundo centro de gravedad superficial del objeto 2, que no coincide con el primer centro de gravedad superficial, es decir los al menos dos centros de gravedad superficiales tienen en el sistema de coordenadas propio del objeto distintas líneas de actuación de fuerza. Partiendo de esa base se lleva el objeto 2 en el espacio mediante una modificación de las longitudes de los elementos de cable 4, 4' y 4'' a una segunda posición espacial distinta de la primera. Mediante la modificación de las longitudes de los elementos de cable uno con respecto a otro se modifican los momentos resultantes de las fuerzas de suspensión y el plano propio del objeto del segundo centro de gravedad superficial no coincide más con el plano del primer centro de gravedad superficial. Posiblemente, en caso de objetos más pequeños puede conseguirse también debido a ello una modificación de los momentos que actúan sobre el objeto 2, inclinándose el dispositivo de elevación de por sí, de modo que se modifican los momentos de giro cuando no es posible una modificación de las longitudes de cable del objeto.

40 En la figura 2b se encuentra el objeto 2 en una segunda posición espacial, lo que se caracteriza mediante la posición distinta del sistema de coordenadas propio del objeto x_0, y_0, z_0 con respecto al sistema de coordenadas x, y, z del espacio. En la segunda posición actúan otras fuerzas y otros momentos sobre los elementos de cable 4, 4' y 4''. A partir de los momentos físicos puede calcularse de nuevo el centro de gravedad superficial en las coordenadas propias del cuerpo de la segunda posición del plano xz espacial.

45 En la figura 3 está dibujado el objeto 2 con el eje baricéntrico 21 de la primera posición y el eje baricéntrico 22 de la segunda posición en el sistema de coordenadas propio del cuerpo x_0, y_0, z_0 . Con la superposición de los dos ejes baricéntricos se obtiene como resultado un punto de corte que determina de manera unívoca el centro de gravedad másico 20. Dado que debido a fallos de medición puede ser que los dos ejes baricéntricos 21 y 22 no se corten, puede interpolarse el centro de gravedad másico mediante distintos procedimientos. Así puede determinarse por ejemplo la distancia más corta entre los dos ejes baricéntricos y puede aceptarse el centro de gravedad másico 20 como en el centro de la distancia de los dos ejes baricéntricos. Para la determinación del centro de gravedad másico no son necesarias otras mediciones calculadas matemáticamente. La calidad de la medición puede mejorarse sin embargo, en particular en caso de los ejes baricéntricos 21 y 22 que no se cortan, mediante la medición de otras posiciones o situaciones espaciales. Además, otras mediciones posibilitan la calibración del sistema de medición y la determinación de otros parámetros. Mientras que la calibración básica del sistema se realiza o bien de manera externa o bien mediante medición de tara, de modo que se conoce por ejemplo un desplazamiento nulo de los sensores, pueden identificarse parámetros específicos de medición tales como la colocación geométrica de los puntos de suspensión o de los sensores de inclinación en el objeto parcialmente a partir de los datos de medición. Con el conocimiento de los parámetros tales como las longitudes de cable y de la tecnología de sensores y con la frecuencia de exploración adecuada puede determinarse en caso de una oscilación del objeto también el tensor de inercia.

60 Para determinar la orientación del objeto 2 en el espacio, es decir para realizar las transformaciones del sistema de coordenadas espacial con respecto al sistema de coordenadas propio del cuerpo, puede atraerse en el caso más sencillo la proporción de las longitudes de cable una con respecto a otra. Es conveniente sin embargo la colocación de uno o varios sensores de inclinación θ ó θ' sobre el objeto, determinándose la inclinación con respecto a un sistema de coordenadas de referencia determinado previamente. A este respecto es apropiado usar como sistema

de referencia el sistema de coordenadas espacial.

En las figuras 2a y 2b se realiza la determinación del centro de gravedad másico con tres dispositivos de suspensión. Con dos dispositivos de suspensión puede realizarse el procedimiento de manera análoga a esto. A este respecto ha de tenerse en cuenta que durante la suspensión en dos puntos de suspensión se encuentra el centro de gravedad másico del objeto en el plano que está proporcionado por la recta de unión de los dos puntos de suspensión y la perpendicular a ésta. Mediante la medición de al menos dos posiciones espaciales distintas se determina el centro de gravedad másico en las tres dimensiones. Sin embargo resulta más practicable con frecuencia, en particular en la medición de grandes estructuras, tales como por ejemplo barcos o componentes constructivos de barcos, una suspensión en al menos tres puntos de suspensión.

Por medio de la figura 4 se describirán las distintas posibilidades de la determinación del centro de gravedad másico sin y con compensación de tensión diagonal del dispositivo de suspensión 3, 3', 3''. Tal como se ha mencionado ya anteriormente, es necesaria para la determinación del centro de gravedad másico una determinación de las fuerzas que actúan sobre los cables y de los momentos que resultan de esto con respecto al centro de gravedad másico. Para ello son posibles en principio tres procedimientos. Para explicar el principio se selecciona una representación bidimensional en el plano espacial xy. La determinación en tres dimensiones es análoga a esto.

En una realización sencilla del procedimiento se determina el peso F_G del objeto 2 mediante las fuerzas F_S y $F_{S'}$ que actúan sobre los cables. A este respecto se supone que el valor de los vectores de fuerza F_S y $F_{S'}$ es esencialmente igual al valor del peso F_G . Este procedimiento es adecuado en caso de ángulos α pequeños entre el cable y la perpendicular a la tierra, tal como es éste el caso habitualmente por ejemplo con cables largos. En particular tiene la ventaja de que puede prescindirse de otros sensores de inclinación sobre los dispositivos de suspensión 4, 4' y 4''.

En una segunda forma de realización del procedimiento se introduce una primera compensación de tensión diagonal. Para ello se divide el vector de fuerza F_S , que actúa sobre el cable 4, en una componente a lo largo de la dirección y F_{Sy} y una componente que actúa perpendicularmente a ésta $F_{Sx,z}$. El peso del objeto F_G se determina ahora a partir de los valores de las componentes de fuerza F_{Sy} y $F_{Sx,z}$. Sin embargo de esta manera aún no puede desglosarse exactamente en qué dirección actúan las componentes de fuerza horizontales $F_{Sx,z}$ y $F_{Sx,z'}$. Sin embargo es ya muy eficaz la primera aproximación mediante la división de las fueras en sus componentes verticales y horizontales. Para dividir los vectores de fuerza F_S y $F_{S'}$ en sus componentes se requieren sensores de inclinación o una determinación manual del ángulo α . Los sensores de inclinación pueden determinar el ángulo α a este respecto automáticamente.

En una realización especialmente precisa del procedimiento de medición se colocan otros sensores de medición en los dispositivos de suspensión 4, 4' y 4''. A este respecto se mide la orientación absoluta del cable en el espacio, de modo que el vector de fuerza F_S puede dividirse en sus tres coordenadas cartesianas, de modo que pueden disponerse coordenadas separadas F_{Sx} , F_{Sy} y F_{Sz} . Con el conocimiento de las tres componentes de fuerza puede realizarse una determinación especialmente precisa del centro de gravedad másico 20. Para esta forma del procedimiento de medición es ventajoso en particular cuando se usa una suspensión cardán para la determinación de la inclinación absoluta del dispositivo de suspensión.

En el contexto de estudios teóricos de los distintos procedimientos se determinó que la exactitud de medición de la determinación del centro de gravedad másico en todos los tres procedimientos, es decir sin y con compensación de tensión diagonal puede realizarse una determinación del centro de gravedad másico con un error máximo del 2 % con respecto a las dimensiones del objeto. Usando una suspensión cardán con la determinación de las coordenadas cartesianas del vector de fuerza puede reducirse este porcentaje incluso hasta por debajo del 0,5 %.

En la figura 5 puede observarse un dispositivo de elevación 1 con dispositivos de suspensión 3, 3' y 3'', en el que puede verse un objeto 2 con un sensor de inclinación 6 colocado sobre el objeto y sensores de fuerza 7 y sensores de inclinación 8 fijados a los cables. Además está presente una unidad de evaluación de datos 9 en la que se reunifican las mediciones de los distintos sensores 6, 7, 8, calculándose los centros de gravedad superficiales y finalmente el centro de gravedad másico del objeto 2. Los resultados de medición de los sensores individuales se transmiten sin cable por radio a la unidad de evaluación de datos. Esto es apropiado en particular en caso de objetos muy grandes, tal como se miden éstos por ejemplo en astilleros. Con ayuda de una unidad de evaluación de datos puede considerarse conjuntamente al mismo tiempo el peso propio de los dispositivos de suspensión, que distorsionan los resultados de medición en los sensores de fuerza 7 y los sensores de inclinación 8, por ejemplo en el contexto de una medición de tara, y por consiguiente puede posibilitarse una determinación más exacta del centro de gravedad másico 20.

El procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse esencialmente con grúas disponibles. Para ello se requiere que la grúa o varias grúas dispongan de al menos dos dispositivos de suspensión y los sensores de medición de fuerza o sensores de medición de inclinación se fijen al objeto y a los dispositivos de suspensión 3, 3', 3''. Con ayuda de una unidad de evaluación de datos 9, que recibe los datos de medición de los sensores 6 y de los sensores de fuerza 7, preferentemente sin cable por radio, puede realizarse la determinación del centro de gravedad másico de un objeto muy grande o muy pesado dentro de un tiempo muy breve en comparación con los

procedimiento anteriores.

El procedimiento de medición es adecuado en particular para la medición de objetos marítimos. Concretamente es difícil con el procedimiento en muchos casos determinar experimentalmente por completo el peso y el centro de gravedad másico de buques de altura completos u otros objetos grandes marítimos, dado que éstos son demasiado pesados o demasiado grandes para instalaciones de grúa habituales. Sin embargo, el procedimiento es practicable para mediciones de componentes constructivos individuales de buques de altura, pudiendo presentar los componentes constructivos, dependiendo del astillero, un peso de hasta 1000 toneladas. Una determinación del peso y del centro de gravedad másico final del barco acabado se realiza entonces por medio de la prueba de estabilidad, que se practica desde el inicio de la construcción industrial de barcos casi sin modificar. Los controles del peso y del centro de gravedad másico concomitantes de la fabricación de componentes constructivos individuales con ayuda del procedimiento desarrollado ofrece a este respecto una buena posibilidad de comparar, antes del montaje de unidades de barcos completas, los datos planificados y los medidos de los pesos y centros de gravedad másicos entre sí y por consiguiendo compensar fallos ya en grupos constructivos individuales o mediante modificación de piezas que van a fabricarse aún, con las que se encuentra en contacto el componente constructivo en el funcionamiento y así mantener las propiedades de funcionamiento de barcos garantizadas contractualmente.

En la figura 6 se representa una forma de realización alternativa para la medición del centro de gravedad másico. Según esto, el objeto 2 no está suspendido en elementos de cable, sino únicamente está colocado sobre tres picaderos de sustentación de altura ajustable 103, 103', 103". Las superficies de apoyo 104, 104', 104" están perfiladas de modo que el objeto 2 puede colocarse en sus bordes exteriores de manera antideslizante. Para proporcionar las distintas posiciones espaciales se modifica la altura de los picaderos de sustentación 103, 103', 103", de modo que actúan distintas fuerzas sobre los picaderos de sustentación individuales 103, 103', 103". Las fuerzas se miden por medio de los sensores de fuerza dispuestos en los picaderos de sustentación. La altura de un picadero de sustentación se mide con respecto a la horizontal 100, que es una línea que discurre esencialmente en la dirección x. La horizontal puede proporcionarse por ejemplo mediante el suelo. La inclinación del objeto 2 se determina por medio de sensores de inclinación fijados al objeto.

Con unión adecuada entre un picadero de sustentación y un borde del objeto 2 puede determinarse también una representación de componentes de las fuerzas al menos en la dirección horizontal x y en la dirección y vertical. Una compensación de presión diagonal de manera análoga a la compensación de tensión diagonal, como en la suspensión en elementos de cable, es posible con el dispositivo de elevación representado en la figura 6 por ejemplo en caso de base inclinada o picaderos de sustentación colocados de manera inclinada.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de un centro de gravedad másico espacial y de una masa de un objeto por medio de un dispositivo de elevación, en el que el dispositivo de elevación presenta al menos dos dispositivos de suspensión distintos, en el que los dispositivos de suspensión presentan respectivamente un elemento de cable y un punto de suspensión para la unión con el objeto y sensores de inclinación para la determinación de la posición inclinada de los dispositivos de suspensión (3, 3', 3''), que comprende las siguientes etapas:
- suspender el objeto (2) en al menos dos puntos del objeto distintos, que se unen con al menos dos puntos de suspensión (5, 5', 5'') del dispositivo de elevación (1), en el que el objeto (2) se suspende a la cardán en los dispositivos de suspensión (3, 3', 3'');
 - orientar el objeto (2) en al menos dos posiciones espaciales distintas;
 - medir la orientación del objeto (2) por cada posición espacial, en el que la orientación del objeto (2) se mide mediante al menos un sensor de inclinación (6) fijado en el objeto;
 - medir las fuerzas que actúan sobre los dispositivos de suspensión (3, 3', 3'') debido al objeto suspendido (2) por cada posición espacial, en el que las fuerzas que actúan sobre los dispositivos de suspensión (3, 3', 3'') se dividen para la evaluación respectivamente en tres componentes de fuerza independientes;
 - determinar los centros de gravedad superficiales del objeto y las líneas de actuación de fuerza (2) correspondientes por cada posición espacial, en el que se determina el centro de gravedad superficial de la respectiva posición espacial con la ayuda de una compensación de tensión diagonal de los dispositivos de suspensión (3, 3', 3'');
 - determinar el centro de gravedad másico espacial (20) mediante superposición de al menos dos líneas de actuación de fuerza.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** adicionalmente está presente una unidad de evaluación de datos (9) que evalúa estocásticamente las mediciones y determina los centros de gravedad superficiales y el centro de gravedad másico (20).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado por que** las mediciones se transmiten sin cable a la unidad de evaluación de datos (9).
4. Procedimiento según la reivindicación 2 o 3, **caracterizado por que** los valores de medición se transmiten por radio a la unidad de evaluación de datos (9).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en los dispositivos de suspensión (3, 3', 3'') o los dispositivos de soporte está dispuesto respectivamente al menos un sensor de fuerza (7, 7', 7'') sobre el respectivo dispositivo de suspensión (3, 3', 3'').
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las fuerzas que actúan sobre los dispositivos de suspensión (3, 3', 3'') se miden mediante grilletes de carga con sensores de fuerza (7, 7', 7'') integrados.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el dispositivo de elevación (1) presenta al menos una grúa o una instalación de grúa con en total al menos dos dispositivos de suspensión (3, 3', 3'').
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** con la medición de la masa del objeto (2) se conoce mediante una medición de tara previa al menos parcialmente una masa propia de partes del dispositivo de elevación (1).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** están presentes al menos tres dispositivos de suspensión.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el objeto es un componente constructivo de barco y el centro de gravedad másico medido se compara con un centro de gravedad másico planificado y por consiguiente se compensan fallos en el componente constructivo de barco mediante una modificación de piezas que están aún por fabricarse con las que se encuentra en contacto el componente constructivo en el funcionamiento.
11. Dispositivo de elevación con al menos dos dispositivos de suspensión (3, 3', 3'') distintos que presentan respectivamente un elemento de cable (4, 4', 4'') y un punto de suspensión (5, 5', 5''), en el que los dispositivos de suspensión (3, 3', 3'') están unidos a través de los elementos de cable (4, 4', 4'') con el dispositivo de elevación (1) y los elementos de cable (4, 4', 4'') pueden accionarse respectivamente de manera separada y están libremente suspendidos, en el que los elementos de cable (4, 4', 4'') presentan respectivamente una longitud de libre suspensión y las longitudes de libre suspensión pueden variarse para los distintos elementos de cable y está presente una unidad de evaluación de datos (9) que está unida a sensores (6, 7, 8) que determinan una posición

5 espacial y/u una orientación de un objeto suspendido y los dispositivos de suspensión (3, 3', 3'') del dispositivo de elevación (1) presentan sensores de fuerza (7, 7', 7'') para la determinación de la fuerza de cable, **caracterizado por que** está presente una suspensión cardán en los dispositivos de suspensión (3, 3', 3'') y los dispositivos de suspensión presentan sensores de inclinación (8, 8', 8'') para la determinación de la inclinación del cable y la unidad de evaluación de datos (9) está unida al menos a otro sensor de inclinación (6), pudiéndose fijar el sensor de inclinación (6) a un objeto (2) que va a suspenderse en el dispositivo de elevación (1).

10 12. Dispositivo de elevación según la reivindicación 11, **caracterizado por que** al menos un sensor se comunica por radio con la unidad de evaluación de datos (9).

Fig. 1

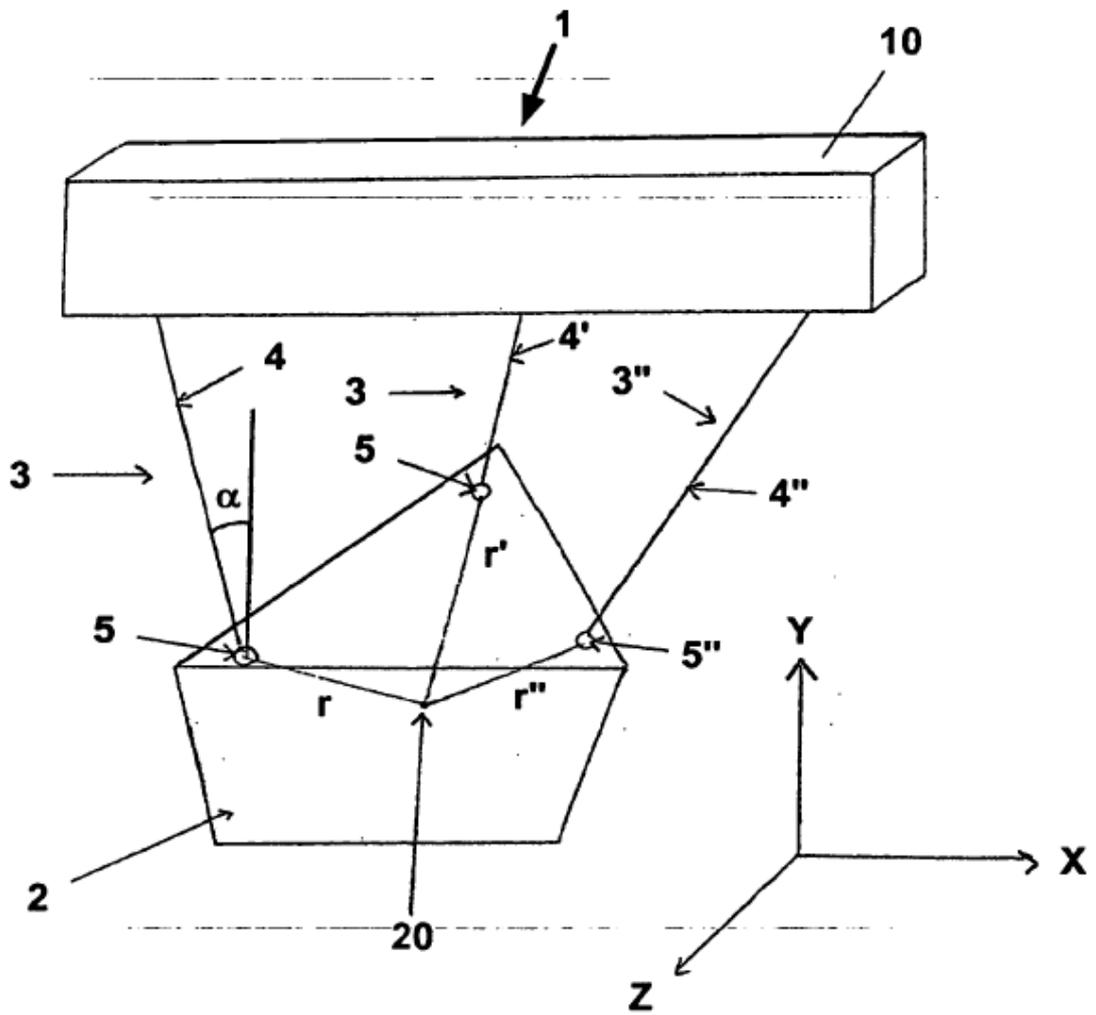


Fig. 2a

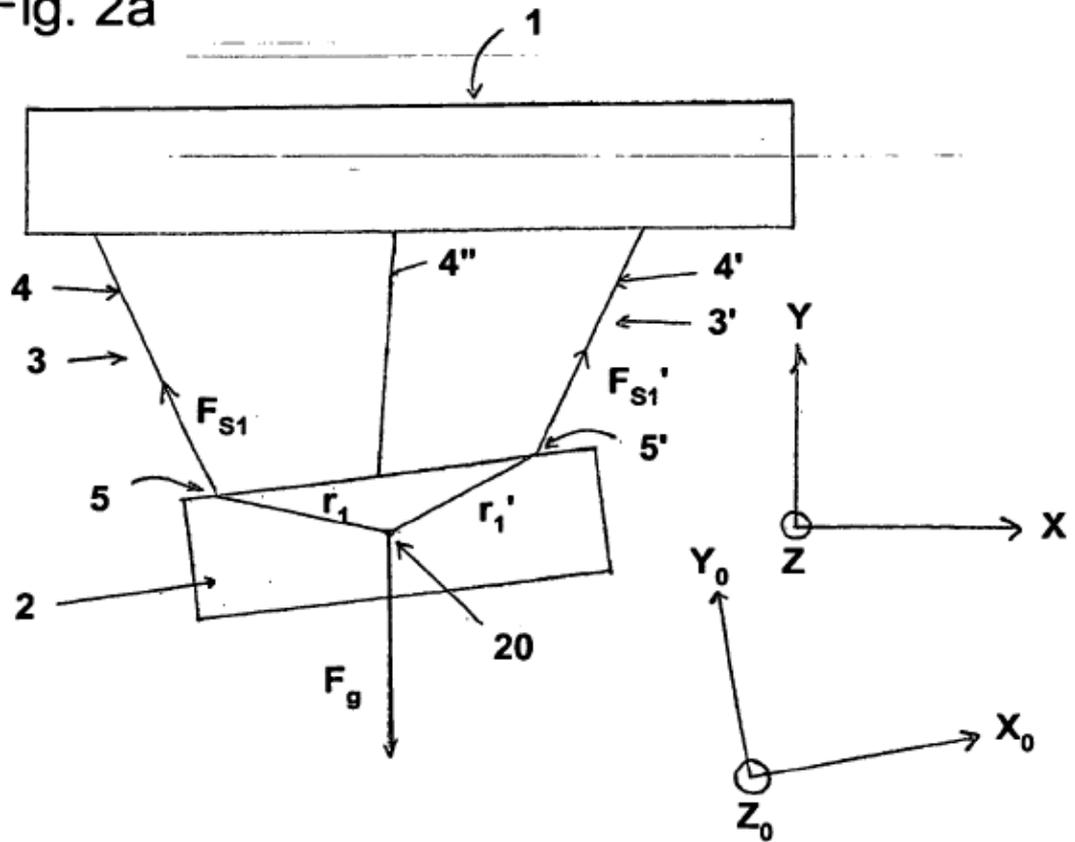


Fig. 2b

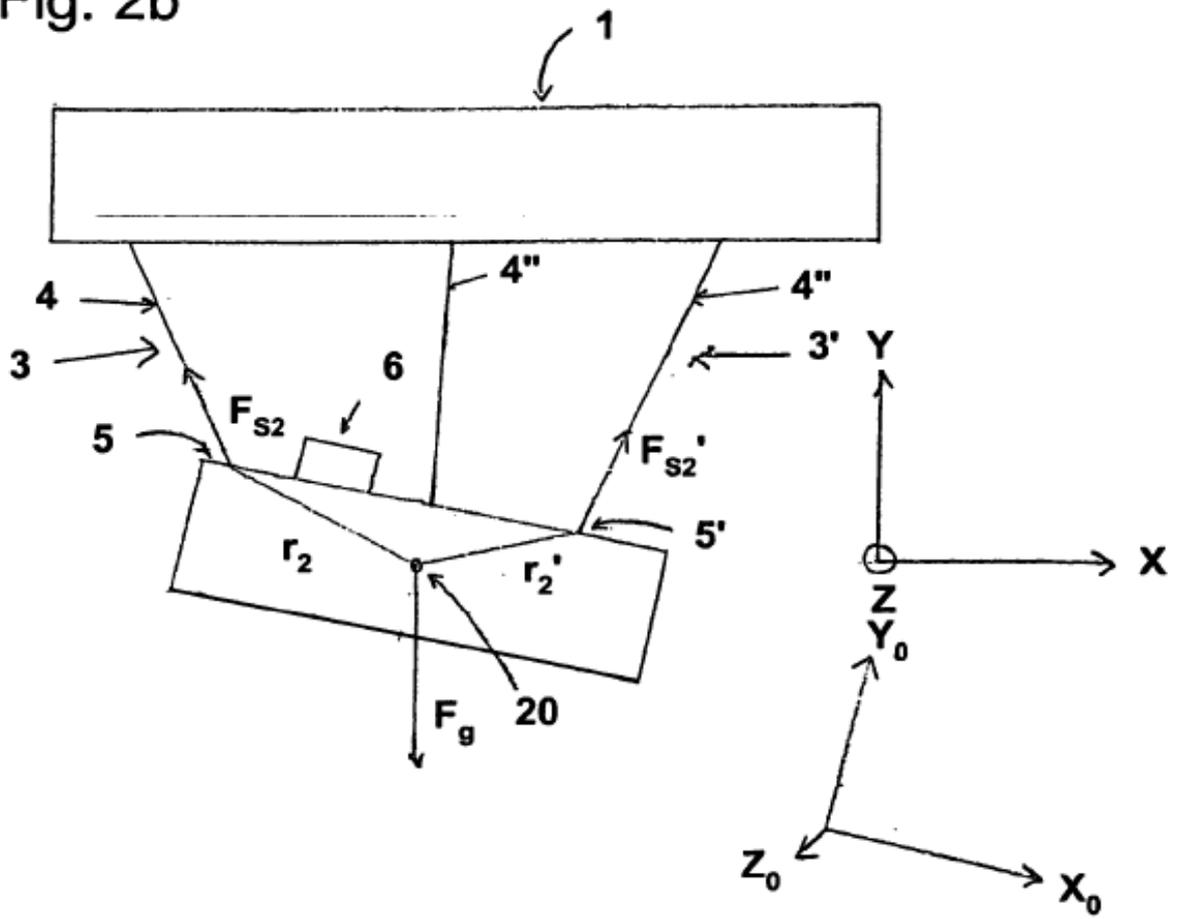


Fig. 3

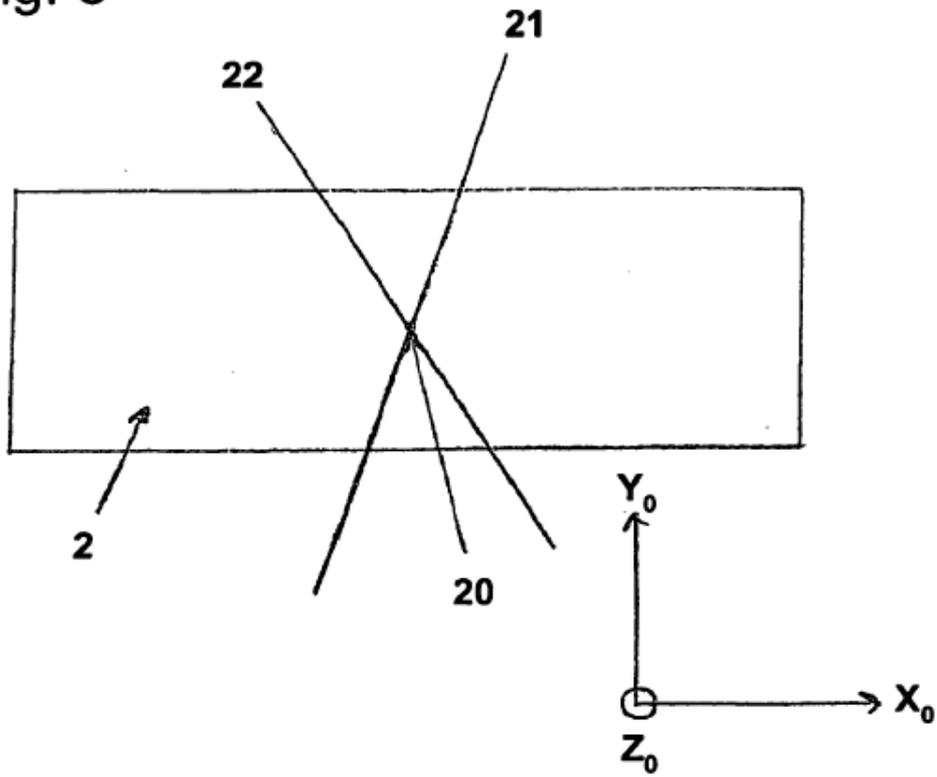


Fig. 4

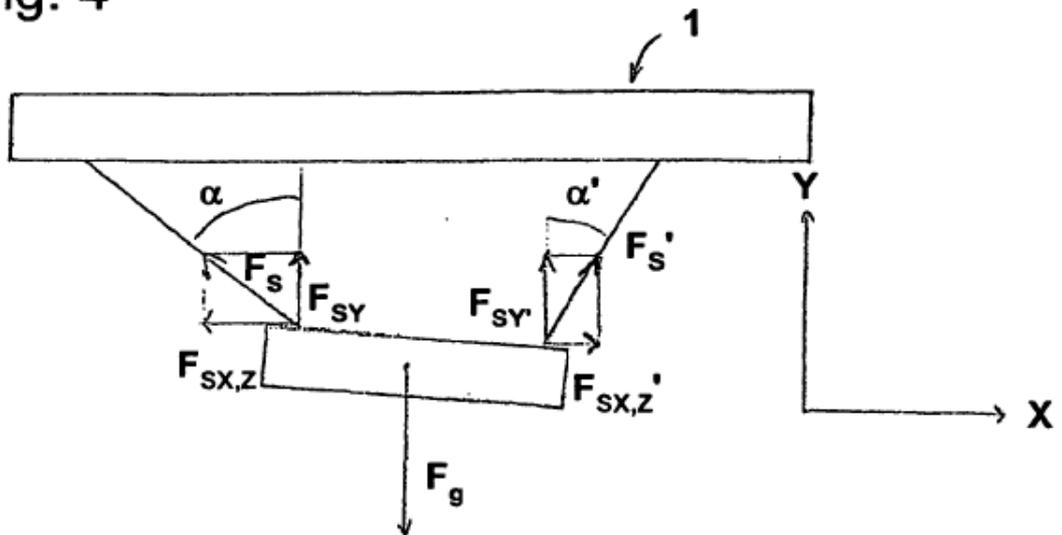
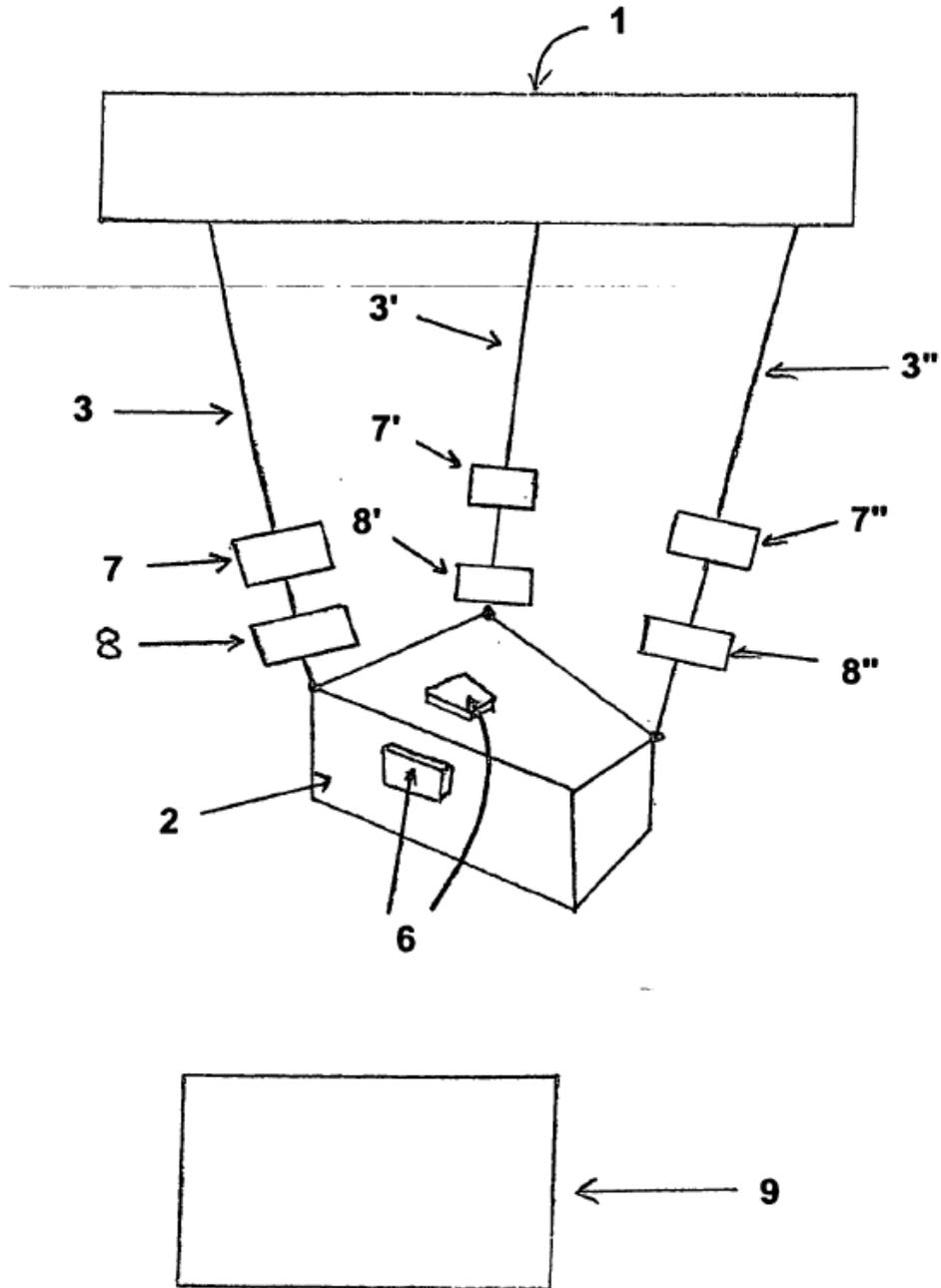


Fig. 5



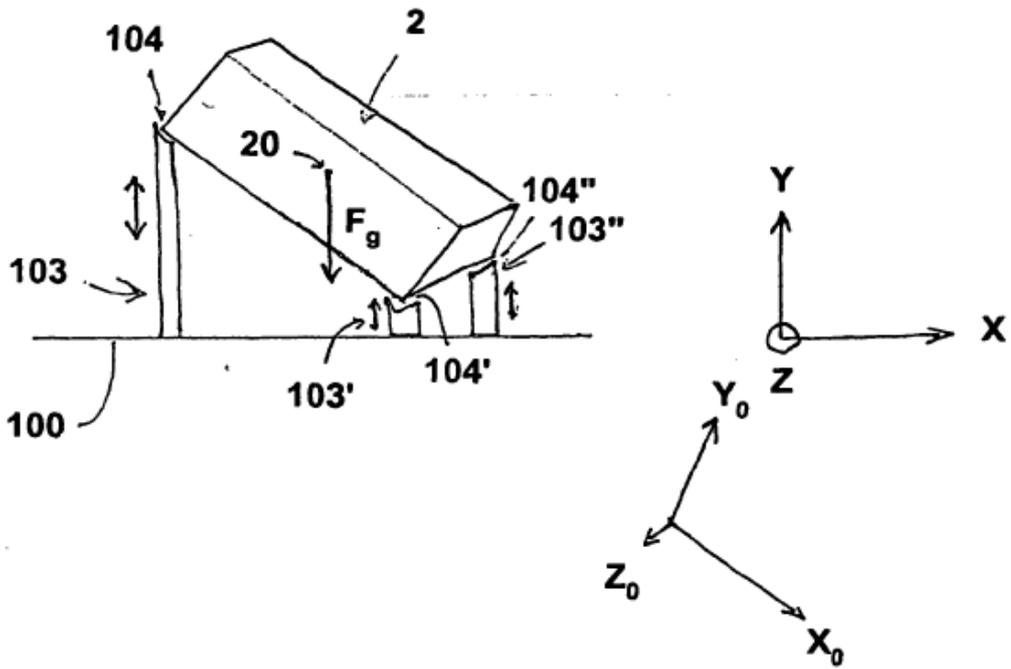


Fig. 6