

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 415**

51 Int. Cl.:

E02D 27/50 (2006.01)

E02D 31/00 (2006.01)

E04C 5/12 (2006.01)

F03D 13/20 (2006.01)

E02D 27/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2014 PCT/EP2014/001440**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.12.2014 WO14191102**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2014 E 14741515 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017 EP 3004467**

54 Título: **Cimiento de hormigón y método para levantar un cimiento de hormigón para una torre eólica, así como dispositivo de posicionamiento para posicionar tubos envolventes en un cimiento de hormigón**

30 Prioridad:
29.05.2013 DE 102013105512

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.03.2018

73 Titular/es:
**MAX BÖGL WIND AG (100.0%)
Max-Bögl-Straße 1
92369 Sengenthal, DE**

72 Inventor/es:
MENZEL, JÜRGEN

74 Agente/Representante:
SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 658 415 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

Cimiento de hormigón y método para levantar un cimiento de hormigón para una torre eólica, así como dispositivo de posicionamiento para posicionar tubos envolventes en un cimiento de hormigón

5 La presente invención se refiere a un método para levantar un cimiento de hormigón para una torre eólica pretensada mediante elementos de pretensión, en particular, para una torre eólica de piezas prefabricadas de hormigón pretensada de forma externa, en el que se construye un encofrado para el cimiento de hormigón, en el que se posicionan y se fijan en el encofrado elementos centrales para preparar oficios pasantes para los elementos de pretensado en el cimiento de hormigón y en el que después se vierte el hormigón. Además, la invención se refiere a un cimiento de hormigón para una torre eólica pretensada mediante elementos de pretensado así como a un dispositivo de posicionamiento para orientar elementos centrales en un cimiento de hormigón.

10 En el estado de la técnica se conocen distintas realizaciones de torres eólicas a partir de segmentos prefabricados. En estas torres, el segmento de la torre inferior o la porción de la torre interior se tiene que unir de forma estable a un cimiento levantado de forma independiente para poder introducir allí las fuerzas que aparezcan. Por ello, la unión de la torre o del segmento de la torre inferior al cimiento es de gran importancia. Por ello, se deben prever los medios de fijación correspondientes para la torre eólica cuando se levanta un cimiento de hormigón en obra. Por ejemplo, en las torres eólicas de segmentos de acero se conoce incrustar en el cimiento durante el hormigonado una jaula de anclaje con una pluralidad de barras roscadas en las que después se fija la sección de pie de la torre con sus perforaciones de fijación. La jaula de anclaje es prefabricada y se ajusta a los puntos de fijación de la sección de pie.

20 Para una torre de acero de este tipo, DE 20 2009 013 844 U1 propone incrustar, en vez de una jaula de anclaje, solo tubos envolventes para pernos de anclaje individuales en el vertido. A su vez, el posicionamiento de los tubos envolventes individuales para los pernos de anclaje tiene lugar mediante una jaula de anclaje de este tipo. Sin embargo, se requiere una orientación muy exacta de los tubos envolventes cuando se utilizan elementos de pretensado como cordones de pretensado, alambres de pretensado o cables de pretensado.

25 DE 101 26 912 A1 describe una torre eólica de hormigón pretensado, pretensada mediante elementos de pretensado que se sitúan fuera de la pared de la torre entre un soporte superior y un cimiento. Por ello, se puede prescindir del ajuste de los tubos vacíos en el encofrado para la pared de la torre, descrito como caro en dicho documento. En esta memoria no se menciona nada sobre la instalación y la orientación de los tubos envolventes en el cimiento.

30 En la práctica, suelen darse problemas en la colocación de elementos de pretensado en canales de pretensado. Por ejemplo, en el caso de que existan desviaciones menores del eje entre el elemento de pretensado y el canal de pretensado, puede que se doble el trazado y que se produzcan deterioros correspondientes en los elementos de pretensado. Por ejemplo, esto se produce en puntos de transición entre dos partes de un canal de pretensado limitrofes entre sí o entre una sección de elemento de pretensado libremente pretensada y una sección de elemento de pretensado que se sitúe en un canal de pretensado. Por este motivo, se suele proveer a los tubos envolventes o canales de pretensado de ensanchamientos en forma de embudo en un extremo y evitar que se doblen de este modo. DE 201 22 941 U1 muestra segmentos de una torre eólica cuyos canales de pretensado se realizan de esta forma. WO 00/14357 A2 también muestra canales de pretensado o tubos envolventes con un ensanchamiento en forma de embudo en un canal de pretensado.

40 La tarea de la presente invención es mejorar un método del tipo mencionado al principio y proponer un elemento auxiliar de posicionamiento para los elementos centrales.

La tarea se resuelve con las características de las reivindicaciones independientes.

45 En un método para levantar un cimiento de hormigón para una torre eólica pretensada por medio de elementos de pretensado, en particular, para una torre eólica de piezas prefabricadas de hormigón pretensada de forma externa, se construye un encofrado para un cimiento de hormigón. Se posicionan y fijan elementos centrales en el encofrado para preparar orificios pasantes para los elementos de pretensado en el cimiento de hormigón y, después, se vierte el cimiento de hormigón.

Según la invención, se proporciona al menos un primer elemento auxiliar de posicionamiento con un dispositivo adaptador para un elemento central con al menos una sección de referencia en el encofrado para un

posicionamiento preciso y exacto. El primer elemento auxiliar de posicionamiento se posiciona y se fija de forma precisa en el encofrado mediante la sección de referencia, y cada elemento central que se tiene que posicionar se dispone en el dispositivo adaptador del elemento auxiliar de posicionamiento.

5 Según la presente invención, se prevé igualmente posicionar el elemento central posicionando exactamente el elemento auxiliar de posicionamiento en el encofrado mediante la combinación de un dispositivo adaptador para un elemento central con al menos una sección de referencia en un elemento auxiliar de posicionamiento de forma tan exacta que después no se pueda producir ninguna, o solo se produzcan desviaciones menores entre la posición real del elemento central y su posición prefijada. De esta forma, mediante esta combinación, el elemento central también se orienta automáticamente de forma precisa y exacta en su posición de fijación prevista, al menos con su extremo inferior, cuando el elemento auxiliar de posicionamiento se orienta de forma exacta. Se entiende por sección de referencia una sección del elemento auxiliar de posicionamiento que tiene una posición predefinida respecto al dispositivo adaptador, de manera que se puede fijar la posición real del elemento central mediante la o las secciones de referencia. Por ejemplo, la sección de referencia se puede formar mediante un receptáculo para un cuerpo de medición, particularmente, una esfera de medición o un prisma de medición. No obstante, la sección de referencia también se puede formar mediante un borde de contacto, una superficie de contacto o cualquier otro medio mediante el cual se pueda posicionar el elemento auxiliar de posicionamiento en el encofrado.

20 Resulta especialmente ventajoso instalar un sistema de referencia de medición para posicionar los elementos centrales, colocar a medida, de forma precisa, el al menos primer elemento auxiliar de posicionamiento en el sistema de referencia de medición mediante las coordenadas prefijadas previstas para la sección de referencia y fijarlo en el encofrado, y posicionar de forma precisa cada elemento central que se tenga que posicionar en una posición de fijación prevista disponiéndolo en el dispositivo adaptador del elemento auxiliar de posicionamiento con al menos su extremo inferior.

25 Además, según la presente invención, se prevé un cimiento de hormigón que tiene tubos envolventes para elementos de pretensado incrustados en el cimiento de hormigón vertido en posiciones de fijación previstas para una fijación de la torre eólica, en donde los tubos envolventes se realizan como tubos envolventes de una pieza con una sección transversal constante. Puesto que los tubos envolventes se posicionan en su posición prefijada con gran exactitud según la presente invención, en contraposición con los tubos envolventes conocidos del estado de la técnica, se puede prescindir de un ensanchamiento en forma de embudo de los tubos envolventes en uno de sus extremos y, en su lugar, utilizar tubos envolventes de una pieza con una sección transversal constante. A diferencia de los tubos envolventes con ensanchamientos, estos se pueden fabricar de una pieza a partir de un material plástico o de un material de acero, pudiéndose utilizar piezas semiacabadas económicas. Solo es necesario cortar los tubos envolventes hasta su longitud prevista. Gracias a ello se simplifica de manera significativa tanto la fabricación como el montaje de los tubos envolventes en el encofrado. Del mismo modo, se evita que se produzcan fallos en los puntos de unión, como en los tubos envolventes de varias piezas. No obstante, el método según la invención también se puede utilizar evidentemente para posicionar e incrustar en el vertido tubos envolventes convencionales con ensanchamientos en forma de embudo.

40 De esta forma, en una torre eólica, particularmente, una torre eólica de piezas prefabricadas de hormigón pretensada preferiblemente de forma externa mediante elementos de pretensado y que tiene un cimiento de hormigón levantado según el método según la invención se puede obtener una colocación y un anclaje especialmente buenos de los elementos de pretensado. La transición entre las secciones libres de los elementos de pretensado y las secciones que se sitúan en los tubos envolventes se puede fabricar de forma especialmente lisa, de manera que ya no se tengan que temer deterioros de los elementos de pretensado.

45 Para llevar a cabo el método según la invención y para levantar un cimiento de hormigón según la invención se propone, además, un dispositivo de posicionamiento para orientar elementos centrales en un encofrado que comprende al menos un primer elemento auxiliar de posicionamiento con un dispositivo adaptador para un elemento central y al menos una sección de referencia para colocar a medida el primer elemento de posicionamiento.

50 Según una realización ventajosa de la invención, el primer elemento auxiliar de posicionamiento del dispositivo de posicionamiento tiene un cuerpo volumétrico que tiene una superficie de orientación plana en el lado inferior y/o en el que se integra el dispositivo adaptador y/o la al menos una sección de referencia, particularmente, un receptáculo para un cuerpo de medición en el lado superior. Mediante la fabricación del elemento auxiliar de posicionamiento como un cuerpo volumétrico de una sola pieza se pueden colocar en este el dispositivo adaptador para el elemento central y la sección de referencia de forma muy exacta uno respecto al otro, de manera que no se producen

tolerancias de montaje, como sucede en una fabricación independiente de las dos piezas. De forma ventajosa se utiliza como sección de referencia un receptáculo para un reflector de medición, particularmente, para una esfera de medición o un prisma de medición, en donde el reflector de medición se introduce en el receptáculo cuando se coloca a medida el primer elemento auxiliar de posicionamiento.

5 El cuerpo volumétrico se fabrica preferiblemente mediante CNC (control numérico), particularmente, se fresa mediante CNC, con lo que es posible una fabricación de alta precisión. Debido a la fabricación mediante CNC, las posibles desviaciones entre la posición del dispositivo adaptador y la sección de referencia se sitúan en el rango de menos de una décima de milímetro. Igualmente, la superficie de instalación del lado inferior tiene una gran planicidad y, por ello, puede servir sin medidas adicionales para posicionar en altura el elemento auxiliar de
10 posicionamiento.

Según un desarrollo ventajoso del método según la invención, se prevé que un área alrededor de los orificios pasantes se configure como contrasoporte para cada uno de los elementos de pretensado. En esta área se pueden apoyar, por ejemplo, placas de anclaje.

15 Según un desarrollo ventajoso del método según la invención, se prevé que se utilicen como elementos centrales tubos envolventes que permanezcan en el cimiento de hormigón después del vertido del cimiento de hormigón.

Según otro desarrollo ventajoso, se utilizan como elementos centrales núcleos de encofrado que se retiran del cimiento de hormigón después del vertido del cimiento de hormigón.

20 Según un desarrollo ventajoso del método según la invención, se prevé que el primer elemento auxiliar de posicionamiento tenga varias secciones de referencia, en donde se utilicen varias de las secciones de referencia para colocar a medida el primer elemento auxiliar de posicionamiento. Gracias a ello, el primer elemento auxiliar de posicionamiento se puede instalar de forma precisa en varias direcciones.

Según un desarrollo ventajoso del método según la invención, se prevé que se proporcione un primer elemento auxiliar de posicionamiento para cada elemento central. De esta forma, los elementos centrales individuales se pueden instalar de forma independiente entre sí.

25 En el método para levantar un cimiento de hormigón se construye preferiblemente un encofrado, al menos en parte, construyendo al menos una base de encofrado plana para un posterior lado inferior del cimiento. En este caso, una base de encofrado es una parte del encofrado dispuesta de forma horizontal. Preferiblemente, esta base de encofrado se orienta de forma paralela a un plano de referencia del sistema de medición y se instala a su altura prefijada prevista. A continuación, se proporciona el al menos un elemento auxiliar de posicionamiento en la base de
30 encofrado instalada a su altura prefijada, posicionando un borde inferior de cada elemento central que se tenga que posicionar a su altura prefijada. De esta forma, para el correcto posicionamiento en altura del dispositivo de posicionamiento basta con colocarlo con su superficie de instalación en la base de encofrado instalada a su altura prefijada.

35 Resulta especialmente ventajoso proporcionar un dispositivo de posicionamiento en cada posición de fijación, el cual también se posicione correspondientemente de forma exacta. Igualmente, también es posible orientar de esta forma solo una parte de los elementos centrales, o bien combinar elementos centrales para elementos de pretensado con otros elementos de fijación.

40 A continuación, el elemento auxiliar de posicionamiento posicionado a su altura prefijada se posiciona en su posición prefijada radial y angular mediante al menos dos secciones de referencia y después se fija, fijando después, particularmente, introduciendo o encajando cada elemento central que se tenga que posicionar en el dispositivo adaptador. En función de la realización del elemento auxiliar de posicionamiento y de los requisitos para la posición y la orientación de los elementos centrales, puede bastar con posicionar dos secciones de referencia en el elemento auxiliar de posicionamiento y colocar a medida el elemento auxiliar de posicionamiento y posicionarlo mediante las dos secciones de referencia.

45 Preferiblemente, se determinan previamente las coordenadas prefijadas para las secciones de referencia y el elemento auxiliar de referencia se coloca a medida en función de varias coordenadas prefijadas predeterminadas y se fija en el encofrado. Si se prevén al menos tres secciones de referencia en el elemento auxiliar de posicionamiento, el elemento auxiliar de posicionamiento se puede ajustar de forma correcta en su posición prefijada respecto a su posición prefijada radial y angular, y a la inclinación de su superficie.

Para fijar el elemento auxiliar de posicionamiento en la base de encofrado, resulta ventajoso que el primer elemento auxiliar de posicionamiento tenga un dispositivo de fijación, preferiblemente, al menos dos perforaciones de fijación, para fijar el elemento auxiliar de posicionamiento en el encofrado.

5 Para poder seguidamente orientar de forma exacta el eje longitudinal del elemento central conforme a su posición prefijada predeterminada, resulta ventajoso que el dispositivo de posicionamiento tenga un segundo elemento auxiliar de posicionamiento con un segundo dispositivo adaptador para el elemento central y con al menos una sección de referencia. En ese caso, el segundo elemento auxiliar de posicionamiento se fija en el extremo superior de cada elemento central que se tenga que posicionar, particularmente, se encaja o se introduce en el mismo, y el extremo superior del elemento central y/o un eje longitudinal del elemento central se orienta conforme a la dirección axial predeterminada mediante la sección de referencia. El eje longitudinal del elemento central se orienta de forma exacta al trazado prefijado posterior del eje longitudinal del elemento de pretensado. De forma ventajosa, el segundo elemento auxiliar de posicionamiento tiene un receptáculo para un reflector de medición, particularmente, para una esfera de medición o un prisma de medición, como sección de referencia, en donde el reflector de medición se introduce en el receptáculo cuando se coloca a medida el extremo superior o eje longitudinal de cada elemento central que se tenga que posicionar.

10

15

Según un desarrollo ventajoso del método según la invención, se prevé que el primer elemento auxiliar de posicionamiento y/o el segundo elemento auxiliar de posicionamiento tengan varias secciones de referencia y que se utilicen varias de las secciones de referencia al colocar a medida el elemento auxiliar de posicionamiento y, con ello, también el elemento central. Si se prevén receptáculos para un cuerpo de medición como secciones de referencia, el reflector de medición se introduce en varios de los receptáculos de forma consecutiva. Al menos el primer elemento auxiliar de posicionamiento tiene preferentemente tres o cuatro secciones de referencia.

20

Preferiblemente, el eje longitudinal del elemento central se orienta girado en un ángulo agudo frente a la recta perpendicular en la dirección del punto central del cimientto. El ángulo agudo es de hasta 15°, preferiblemente, de aproximadamente 5°. En un elemento auxiliar de posicionamiento, el al menos primer dispositivo adaptador para el elemento central se orienta a la superficie de instalación del lado inferior del primer elemento auxiliar de posicionamiento en un ángulo agudo frente a una recta perpendicular. De esta forma, la orientación del dispositivo adaptador frente a la superficie de instalación del lado inferior se corresponde con el trazado prefijado del eje longitudinal del elemento central tan pronto como el dispositivo de posicionamiento se ha posicionado en la posición de fijación. Por ello, se pueden seguir minimizando las operaciones de colocación a media y posicionamiento del eje longitudinal del elemento central.

25

30

La posición de los elementos auxiliares de posicionamiento y/o la posición de los elementos centrales se coloca a medida y se posiciona con una exactitud de +/-2 mm, preferiblemente, de +/-1 mm. De esta forma, los elementos centrales se posicionan ya en su posición correcta respecto al extremo inferior introduciéndolos en su dispositivo adaptador y solo se tienen que corregir después mínimamente respecto a su dirección axial.

35 En el caso de un dispositivo de posicionamiento, resulta ventajoso que el primer y/o el segundo dispositivo adaptador para el elemento central se configure mediante un saliente que sobresalga de la superficie del respectivo elemento auxiliar de posicionamiento, en el cual se pueda fijar, particularmente encajar, el elemento central o que se pueda introducir en el tubo envolvente. No obstante, también es posible configurar el dispositivo adaptador como escotadura en el elemento auxiliar de posicionamiento en cuestión, en el cual se pueda introducir después el elemento central para su posicionamiento.

40

Además, resulta ventajoso que al menos el segundo elemento auxiliar de posicionamiento se fabrique de un material plástico. De esta forma, el segundo elemento auxiliar de posicionamiento se puede fabricar de forma muy económica. Por el contrario, el primer elemento auxiliar de posicionamiento se fabrica preferiblemente de un material de acero para permitir un procesado preciso de los receptáculos y del dispositivo adaptador.

45 En un método para levantar un cimientto de hormigón también es ventajoso que se fije una armadura en el encofrado antes de orientar los ejes longitudinales de los tubos envolventes y que el o los elementos centrales orientados en su orientación predeterminada se fijen en la armadura. Para ello se pueden utilizar, por ejemplo, piezas de fijación que se suelden, se sujeten mediante apriete o se enrosquen en la armadura. También es posible unir directamente los elementos centrales con la armadura, por ejemplo, enrosarlos, soldarlos o sujetarlos mediante apriete. De esta forma, ya no existe el riesgo de que se modifique la posición en la siguiente operación de hormigonado.

50

Además, resulta ventajoso que se construya al menos una pared de encofrado en la primera base de encofrado antes de fijar la armadura. En este caso, una base de encofrado es una parte de un encofrado dispuesta de forma erguida. De esta manera se puede fijar la armadura en la dirección lateral, de modo que los elementos centrales fijados a la misma se puedan mantener en su posición de forma segura en el hormigonado.

- 5 Si los tubos envolventes están completamente posicionados en el encofrado respecto a su posición y su eje longitudinal de tubo envolvente y fijados en el mismo, resulta ventajoso que se detecte mediante una técnica de medición una posición en altura de un borde superior de los elementos centrales. De esta forma también se puede controlar la orientación exacta de los elementos centrales.

- 10 Además, resulta ventajoso que, al hormigonar el cimientó, se determine una altura de llenado máxima del encofrado a partir de las posiciones en altura de los bordes superiores de los elementos centrales. Preferentemente, la altura de llenado se determina de manera que los elementos centrales sobresalgan de la superficie del cimientó a una distancia determinada en el cimientó terminado.

- 15 Después de orientar completamente los elementos centrales respecto a su posición y su eje longitudinal, el encofrado se completa finalmente y se vierte el cimientó. Resulta ventajoso que al menos el primer elemento auxiliar de posicionamiento forme parte del encofrado al verter el cimientó. De esta forma, el elemento auxiliar de posicionamiento permanece unido con el elemento central, de manera que se pueden seguir evitando modificaciones en la posición del elemento central durante el hormigonado.

Se describen otras ventajas de la invención haciendo referencia a los ejemplos de realización representados a continuación. En el dibujo muestran:

- 20 la Figura 1 un cimientó de hormigón según la invención para una torre eólica en una representación esquemática general en sección,
 la Figura 2 un primer elemento auxiliar de posicionamiento de un dispositivo de posicionamiento según la invención en una vista en planta,
 la Figura 3 el elemento auxiliar de posicionamiento de la Figura 2 en una vista lateral en sección,
 25 la Figura 4 una representación esquemática en sección de un segundo elemento auxiliar de posicionamiento de un dispositivo de posicionamiento según la invención,
 las Figuras 5a y 5b una representación de un método según la invención para levantar un cimientó en un primer paso,
 las Figuras 6a y 6b otros pasos del método según la invención para levantar un cimientó de hormigón,
 30 la Figura 7 una representación esquemática en sección de un elemento central completamente posicionado en un encofrado y orientado, y
 la Figura 8 una realización alternativa de un elemento auxiliar de posicionamiento.

- 35 La Figura 1 muestra un cimientó de hormigón 1 según la invención para una torre eólica 3 en una representación esquemática en sección. La torre eólica 3 consiste, según la presente representación, en una pluralidad de piezas de hormigón prefabricadas 4 en forma de anillo o de segmento de anillo que se disponen una sobre la otra en el cimientó 1 y que se fijan entre sí y con el cimientó 1 mediante elementos de pretensado 2. Según la presente representación, los elementos de pretensado 2 se sitúan de forma externa, es decir, fuera de la sección transversal del hormigón de las piezas prefabricadas de hormigón 4. Sin embargo, la invención también es adecuada para torres eólicas 3 cuyos elementos de pretensado 2 se sitúen en canales de pretensado dentro de la sección transversal del hormigón. Se pueden considerar como elementos de pretensado 2 elementos de pretensado conocidos, particularmente, alambres de pretensado, aceros de pretensado, cables de pretensado o cordones de pretensado.

- 40 En la torre eólica 3 acabada, los elementos de pretensado 2 se extienden desde el cimientó 1 hasta una sección superior de la torre eólica 3, no representada en este caso, y se pueden pretensar mediante un dispositivo de pretensado, tampoco representado. Para introducir de forma segura las fuerzas de pretensado de los elementos de pretensado 2 en el cimientó de hormigón, los elementos de pretensado 2 se introducen a través de orificios pasantes que se extienden entre un lado superior y un lado inferior del cimientó 1, y se fijan en el lado inferior del cimientó de hormigón 1. Para ello, el cimientó de hormigón 1 tiene una escotadura 11 en su lado inferior que forma un contrasoporte para los elementos de pretensado 2 fijados en la misma.

- 50 Para fijar la torre eólica 3 al cimientó 1 se prevé una pluralidad de posiciones de fijación 28, preferiblemente distribuidas de manera uniforme alrededor de la circunferencia del cimientó de hormigón 1 (véase también la Figura

6b). Según el presente ejemplo de realización, en cada una de las posiciones de fijación 28 previstas se incrusta un elemento central 12 en el cimientado de hormigón 1 vertido. Los elementos centrales 12 se orientan y se posicionan en el encofrado, en las posiciones de fijación 28 previstas para la fijación de la torre eólica 3, y, con ello, se incrustan en el vertido en las posiciones de fijación 28 previstas.

5 En los ejemplos de realización mostrados, los elementos centrales 12 son tubos envolventes 12a huecos que permanecen en el cimientado de hormigón 1 después de verter el cimientado de hormigón 1. De forma alternativa, se pueden utilizar como elementos centrales 12 núcleos de encofrado que se retiren del cimientado de hormigón 1 después de verter el cimientado de hormigón 1.

10 En el ejemplo de realización se prevé posicionar los elementos centrales 12 en el encofrado 7 (véanse las Figuras 5 y 6) con una exactitud tan elevada e incrustarlos en el cimientado 1 vertido con una exactitud tan elevada que se pueda prescindir de tubos envolventes 12a ensanchados en forma de embudo o de orificios pasantes ensanchados en forma de embudo. Por ello, en el ejemplo de realización del cimientado de hormigón 1 se incrustan en el vertido tubos envolventes 12a en forma de tubos envolventes 12a de una pieza con una sección transversal interna constante. Una incrustación en el vertido tan exacta de los elementos centrales 12 o los tubos envolventes 12a se hace posible mediante un dispositivo de posicionamiento de alta precisión. Los elementos centrales 12 se posicionan en el encofrado con una exactitud de +/-1 mm y, a continuación, se incrustan en el cimientado de hormigón 1 vertido con una exactitud elevada correspondiente de +/-1 mm.

15 Las Figuras 5a, 5b y 6a, 6b muestran distintos pasos para levantar el cimientado 1, cada uno en una representación esquemática en sección (Figuras 5a, 6a) y en una representación esquemática en planta (Figuras 5b, 6b). Para levantar el cimientado, primero se hace una capa limpia 5 en la base, en el área donde esté planificada la planta. Dado el caso, también se puede establecer una placa de base 29 para el cimientado 1. Después de hacer la capa limpia 5 se construye un sistema de referencia de medición (véase la Figura 5b) que incluye como puntos de referencia de medición, por ejemplo, un punto central 30 de la planta planificada y, además, un punto de referencia 31 dispuesto de forma radialmente alejada del punto central 30. El punto de referencia 31 puede, por ejemplo, marcar la dirección de un eje de una puerta de la posterior planta eólica. El sistema de referencia de medición se constituye con sus ejes de medición tomando como referencia los dos puntos de referencia 30 y 31. Así, se forma un plano de referencia de altura 32 del sistema de referencia de medición, por ejemplo, mediante el borde superior de la capa limpia 5.

20 Después de construir la capa limpia 5 e instalar el sistema de referencia de medición, como se representa en la Figura 5a, primero se construye en el borde superior de la capa limpia 5 una base de encofrado 8 que, en el ejemplo mostrado, forma la posterior escotadura 11. Así, la base de encofrado 8 puede levantarse y se puede apoyar en la capa limpia 5 de forma habitual.

25 Según el método representado en este caso en las Figuras 5 y 6, el posicionamiento en altura de los elementos centrales 12 no tiene lugar de forma directa, sino indirecta, disponiendo un elemento auxiliar de posicionamiento 13 que determina la posición de cada elemento central 12, en este caso, de los tubos envolventes 12a, mediante un dispositivo adaptador 16. Puesto que después se tienen que posicionar exactamente los elementos auxiliares de posicionamiento 13 a su altura prefijada SHSB con solo colocarlos en la base de encofrado 8, también se requiere de una instalación a la altura exacta de la base de encofrado 8. Por ello, la base de encofrado 8 se nivela de forma exacta a su altura prefijada SH prevista mediante varios puntos de medición 6. Según la presente representación (Figura 5b), la base de encofrado 8 está formada por varios segmentos 10 que se instalan cada uno de forma individual a la altura mediante varios puntos de medición 6. En este caso, solo se representan cuatro segmentos con solo tres puntos de medición cada uno; no obstante, también se pueden prever esencialmente más segmentos 10 en función del tamaño de la planta. Igualmente, también se pueden prever varios puntos de medición 6 en función del tamaño de los segmentos 10. Puesto que la base de encofrado 8 determina la posición en altura de los elementos auxiliares de posicionamiento 13, la base de encofrado 8 tiene una gran planicidad.

30 Como se puede deducir de la Figura 5a, la base de encofrado 8 se orienta de forma paralela al plano de referencia 32 del sistema de medición. Gracias a ello se facilita la disposición del primer elemento auxiliar de posicionamiento 13 en la base de encofrado 8. No obstante, en principio también es posible proveer a la base de encofrado 8 de una inclinación.

35 Las Figuras 6a y 6b muestran el proporcionamiento de un dispositivo de posicionamiento con al menos un primer elemento auxiliar de posicionamiento 13 para la orientación de los tubos envolventes 12a. Así se proporciona un

dispositivo de posicionamiento con al menos un primer elemento auxiliar de posicionamiento 13 en la base de encofrado 8 instalada en altura, en posiciones de fijación 28 previstas para una fijación posterior de la torre eólica 3. En este caso, en cada posición de fijación 28 se prevé un elemento auxiliar de posicionamiento 13 o un dispositivo de posicionamiento. A diferencia de la representación mostrada, también es posible una combinación de elementos de pretensado 2 con otros tipos de fijación, como anclajes con casquillos de anclaje. Cada elemento auxiliar de posicionamiento 13 tiene un dispositivo adaptador 16 para un elemento central 12, de forma que el al menos un borde inferior 22 de cada elemento central 12 que se tenga que posicionar se posiciona ya de forma exacta a su altura prefijada SHUK uniendo el elemento central, en el ejemplo mostrado, un tubo envolvente 12a, con el dispositivo adaptador 16 cuando el elemento auxiliar de posicionamiento 13 está orientado correctamente.

La Figura 2 muestra un primer elemento auxiliar de posicionamiento 13 de un dispositivo de posicionamiento según la invención en una vista en planta, y la Figura 3 muestra el dispositivo auxiliar de posicionamiento 13 de la Figura 2 en una representación en sección. El elemento auxiliar de posicionamiento 13 incluye el dispositivo adaptador 16, que en este caso se configura mediante un saliente que sobresale de la superficie del elemento auxiliar de posicionamiento (Figura 3). Las dimensiones en sección transversal del saliente o dispositivo adaptador 16 se corresponden esencialmente con las del elemento central 12 previsto, de forma que este último se puede unir con aquel mediante un encaje sencillo en el dispositivo adaptador 16. Aquí se muestra un dispositivo adaptador 16 para un tubo envolvente 12a rectangular o cuadrado. También se pueden considerar tubos envolventes 12a redondos o elementos centrales 12 con los correspondientes dispositivos adaptadores 16 redondos.

Además del dispositivo adaptador 16, el primer elemento auxiliar de posicionamiento 13 tiene al menos una sección de referencia 17, en este caso, un receptáculo 17a para un reflector de medición 18. El presente elemento auxiliar de posicionamiento 13 tiene cuatro receptáculos 17a para reflectores de medición 18, con lo que se puede llevar a cabo una orientación especialmente exacta del elemento auxiliar de posicionamiento 13 en su posición prefijada. En el más sencillo de los casos, los receptáculos 17a para los reflectores de medición 18 se pueden formar mediante perforaciones. El primer elemento adicional de posicionamiento 13 tiene además perforaciones de fijación 27, en este caso, cuatro perforaciones de fijación 27 mediante las cuales se puede fijar el elemento auxiliar de posicionamiento 13 orientado de forma exacta en su posición prefijada. De forma ventajosa, el elemento auxiliar de posicionamiento 13 contiene un cuerpo volumétrico 14 en el que se integran de una sola pieza el dispositivo adaptador 16 y la al menos una sección de referencia 17. El cuerpo volumétrico 14 incluye, en su lado inferior, una superficie de instalación 15 plana, de manera que el elemento auxiliar de posicionamiento 13 solo se tiene que colocar en la base de encofrado 8 después de instalar de forma exacta en altura la primera base de encofrado 8 a su altura prefijada SHSB y, con ello, ya se posiciona automáticamente a su altura prefijada correcta, que se corresponde con la altura prefijada SHSB de la base de encofrado 8.

La Figura 8 muestra una modificación de un primer elemento auxiliar de posicionamiento 13. Como se muestra en la Figura 2, este también tiene un dispositivo adaptador 16 para un elemento central 12, pero solo tiene un único receptáculo 17a para un reflector de medición 18 como sección de referencia 17. Al menos cuando se utilizan elementos centrales 12 con una sección transversal redonda, es posible ya mediante el único receptáculo 17a, que se encuentra en medio, una orientación correcta del elemento auxiliar de posicionamiento 13 y, con ello, del extremo inferior del elemento central 12. En este caso, la orientación del dispositivo adaptador 20 se sitúa perpendicular a la superficie de instalación 15 inferior. No obstante, el borde inferior 22 del elemento central 12 se posiciona después de colocar el elemento central 12 en el dispositivo adaptador 16 o a su altura prefijada SHUK. La instalación del eje longitudinal del elemento central 21 puede tener lugar girando el elemento central 12 en el dispositivo adaptador 20.

La Figura 6b muestra el encofrado 7 parcialmente construido, en el que ya se han montado, además de la primera base de encofrado 8, una pared de encofrado 9. En cada una de las posiciones de fijación 28 previstas, como se muestra en la Figura 6b, se ha colocado y se ha posicionado ya un primer elemento auxiliar de posicionamiento 13 en su posición radial y angular prefijada SLR y SLW.

Para posicionar el cuerpo volumétrico 14 del primer elemento auxiliar de posicionamiento 13 se introduce un reflector de medición 18, en este caso, una esfera de medición 18a, simbolizada mediante una línea de puntos y trazos, en el primer receptáculo 17a, el cuerpo volumétrico 14 se instala haciendo referencia a las coordenadas prefijadas para el primer receptáculo 17a y se fija respecto a su posición. Preferiblemente, las coordenadas prefijadas se refieren cada una al punto central de una esfera de medición 18a que se encuentra en el receptáculo 17a. A continuación, la esfera de medición 18a se introduce en el segundo receptáculo 17a y el elemento auxiliar de posicionamiento 13 se instala y se fija en su posición prefijada mediante las coordenadas prefijadas previstas para el segundo receptáculo 17a.

Según el ejemplo de la Figura 2, se prevén en total cuatro receptáculos 17a para una esfera de medición 18a, en los que se introduce y se coloca a medida, de forma consecutiva, una esfera de medición 18a. De esta forma, se prevé para cada uno de los cuatro receptáculos 17a un conjunto de coordenadas prefijadas. Puesto que los cuerpos volumétricos 14 ya se encuentran en su posición prefijada SHSB, cada conjunto contiene solo dos coordenadas prefijadas que determinan la posición radial y la posición angular del cuerpo de medición 18 en cuestión.

En una instalación correcta mediante el primer y el segundo receptáculo 17a, las mediciones para el tercer y el cuarto receptáculo 17a solo sirven para el control. Después de que se haya colocado a medida y se haya instalado completamente el elemento auxiliar de posicionamiento 13, también respecto a su posición angular prefijada SLW y su posición radial prefijada SLR, este se fija finalmente en la primera base de encofrado 8 mediante un dispositivo de fijación. Según la realización de un elemento auxiliar de posicionamiento 13 mostrada en la Figura 2, se prevén para ello las perforaciones de fijación 27. No obstante, también son posibles otros dispositivos de fijación, como por ejemplo, piezas de fijación, que solo sostienen, cada una, los bordes exteriores del elemento auxiliar de posicionamiento 13.

Después de instalar completamente los elementos auxiliares de posicionamiento 13, se monta finalmente la pared de encofrado 9, como se muestra en la Figura 6a. Finalmente, cada elemento central 12 que se tenga que posicionar se puede disponer, por ejemplo, introducir o colocar de esta forma, en el dispositivo adaptador 16 con su extremo inferior, de manera que el extremo inferior del elemento central 12 se posicione ya en su posición prefijada respecto al ángulo y al radio SLR y SLW, y, además, el borde inferior 22 se posicione automáticamente a su altura prefijada SHUK (véase también la Figura 7).

Para poder también orientar el eje longitudinal del elemento central 21 frente a la recta perpendicular en su posición prefijada respecto a su ángulo W, el dispositivo de posicionamiento comprende un segundo elemento auxiliar de posicionamiento 19. La orientación del eje longitudinal del elemento central 21 se muestra de forma esquemática en una representación en sección en la Figura 7, y se explicará con más detalle posteriormente.

En la Figura 4 se muestra el segundo elemento auxiliar de posicionamiento 19 en una representación esquemática en sección. El segundo elemento auxiliar de posicionamiento 19 también tiene un dispositivo adaptador 20 para un elemento central 12 que, en este caso, también se configura como un saliente del elemento auxiliar de posicionamiento 19 y, gracias a ello, se puede colocar en el tubo envolvente 12a o introducir en el tubo envolvente 12a mediante el dispositivo adaptador 20 en el presente ejemplo. La sección transversal del dispositivo adaptador 20 también se corresponde esencialmente con la sección transversal del tubo envolvente 12a. Un tope 33 se encuentra adyacente al borde superior 23 del tubo envolvente 12a después de colocar el segundo elemento auxiliar de posicionamiento 19. Además, el segundo elemento auxiliar de posicionamiento 19 también tiene una sección de referencia 17, en este caso, un receptáculo 17a para un reflector de medición 18. Se puede utilizar como reflector de medición 18, por ejemplo, un prisma de medición 18b que se pueda colocar sobre el receptáculo 17a del segundo elemento auxiliar de posicionamiento 19. Son posibles variaciones respecto a la forma del segundo elemento auxiliar de posicionamiento 19. Así, el elemento auxiliar de posicionamiento 19 también podría tener una escotadura como dispositivo adaptador 20, de manera que el elemento auxiliar de posicionamiento 19 se podría introducir mediante el elemento central 12 con su escotadura.

La Figura 7 muestra la orientación del eje longitudinal del elemento central 21 en una representación esquemática en sección. Después de encajar los elementos centrales 12 en los elementos auxiliares de posicionamiento 13, se monta una armadura 24 en el encofrado 7, que, en este caso, solo se representa en parte por motivos de claridad. Resulta ventajoso que, como se ha mostrado en este documento, se conecte una placa de anclaje 26 con el elemento central 12, por ejemplo, se suelda ya antes de encajar el elemento central 12. Gracias a ello, esta se incrustará en la posición correcta en el cimientado 1 en el vertido, de forma que puede tener lugar una correcta introducción de las fuerzas en el cimientado 1. En la Figura 1 se muestran elementos centrales 12 realizados como tubos envolventes 12a con las placas de anclaje 26 fijadas a los mismos en el estado incrustado en el vertido.

El eje longitudinal del elemento central 21 se instala en su ángulo W frente a la recta perpendicular por medio del reflector de medición 18, mediante las coordenadas prefijadas previstas para este reflector de medición 18, en donde, además de la posición radial prefijada SLR y la posición angular prefijada SLW del elemento de medición 18, también se debe tener en cuenta su altura debido a la posición angular del eje longitudinal del elemento central 21. Por ello, se prevé un conjunto de coordenadas prefijadas que consiste en tres coordenadas para cada reflector de medición 18 que se encuentre en el receptáculo 17a de los elementos auxiliares de posicionamiento 19. La orientación del elemento central 12 tiene lugar primero en una primera dirección, y el elemento central se fija ya en la

armadura 24 respecto a esta primera dirección. Según la presente representación, se prevén para ello piezas de fijación 25 que se colocan en los bordes exteriores del elemento central 12 que se encuentra en su posición prefijada y se unen, por ejemplo, se enroscan, se sujetan mediante apriete o se sueldan con la armadura. No obstante, el elemento central 12 también se puede unir directamente, por ejemplo, soldar, enroscar o sujetar mediante apriete, con la armadura para la fijación. Si el elemento central 12 es de acero, este también se puede soldar directamente con la armadura 24 en su posición prefijada. En el paso siguiente puede tener lugar el ajuste del eje longitudinal del elemento central 21 respecto a su segunda dirección, que se sitúa de forma perpendicular a la primera dirección. Después de una orientación completa del eje longitudinal del elemento central 21, el elemento central 12 se puede volver a fijar a la armadura 24 mediante piezas de fijación 25 adicionales. Como ya se ha descrito anteriormente, la fijación del elemento central 12 también puede tener lugar de otra forma en este paso.

El ángulo W del eje longitudinal del elemento central 21 frente a la recta perpendicular es de hasta 15°, preferiblemente, de aproximadamente 5°, en donde el eje longitudinal del elemento central 21 se gira en la dirección del punto central del cimientado 30 o del eje central del cimientado. Como se ha mostrado en este caso, la base de encofrado 8 se instala de forma plana y paralela al plano de referencia de altura 32, con lo que resulta ventajoso que la orientación del dispositivo adaptador 16 se corresponda ya exactamente con la posición posterior del eje longitudinal del elemento central 21 respecto a su ángulo W (véase también la Figura 3). Después de posicionar y fijar completamente los elementos centrales 12 e introducir la armadura 24, se completa el encofrado 7, si no se ha hecho aún.

Resulta ventajoso para el siguiente hormigonado del cimientado de hormigón 1 que la altura del borde superior de los elementos centrales 12 SHOK se registre mediante una técnica de medición y, a continuación, se determine a partir de la misma una altura de llenado FH máxima del encofrado 7. En este aspecto, se prevé preferiblemente una distancia A de varios centímetros entre la altura de llenado FH máxima y la altura prefijada del borde superior de los elementos centrales 12 SHOK. Al hormigonar el cimientado 1, el elemento auxiliar de posicionamiento 13 permanece en el encofrado 7 y forma así parte del encofrado 7. Por el contrario, el segundo elemento auxiliar de posicionamiento 19 se puede retirar y reutilizar en otro punto después de posicionar y fijar con éxito el elemento central 12. Después de hormigonar y desmontar el encofrado 7 se puede retirar el elemento auxiliar de posicionamiento 13, de manera que la placa de anclaje 26 forme así el borde inferior del cimientado 1 en las posiciones de fijación 28, como se muestra en la Figura 1, y pueda servir allí para anclar los elementos de pretensado 2.

La posición de los elementos centrales 12 se mide y se posiciona con una exactitud de +/-1 mm mediante el método según la invención y mediante los elementos auxiliares de posicionamiento según la invención, de manera que también se pueden utilizar elementos centrales 12 sin ensanchamientos en forma de embudo en su extremo. Gracias a la orientación exacta de los elementos centrales 12 tienen lugar desviaciones muy reducidas o incluso ninguna desviación entre el trazado posterior del eje de los elementos de pretensado y el trazado del eje de los orificios pasantes. De esta forma se puede evitar en gran medida que los elementos de pretensado 2 se doblen y se apoyen en las paredes de los orificios pasantes o de los tubos envolventes 12a, de forma que ya no se pueden producir deterioros de los elementos de pretensado 2.

La invención no se limita a los ejemplos de realización representados. La invención también abarca modificaciones y combinaciones en el marco de las reivindicaciones, así como aquellas posibles y lógicas desde un punto de vista técnico.

40 Lista de números de referencia

- 1 Cimientado de hormigón
- 2 Elemento de pretensado
- 3 Torre eólica
- 4 Pieza prefabricada de hormigón
- 5 Capa limpia
- 6 Punto de medición
- 7 Encofrado
- 8 Base de encofrado
- 9 Pared de encofrado
- 50 10 Cuerpo de cimientado
- 11 Escotadura
- 12 Elemento central

ES 2 658 415 T3

	12a	Tubo envolvente
	13	Primer elemento auxiliar de posicionamiento
	14	Cuerpo volumétrico del primer elemento auxiliar de posicionamiento
	15	Superficie de instalación
5	16	Dispositivo adaptador del primer elemento auxiliar de posicionamiento
	17	Sección de referencia
	17a	Receptáculo para reflector de medición
	18	Reflector de medición
	18a	Esfera de medición
10	18b	Prisma de medición
	19	Segundo elemento auxiliar de posicionamiento
	20	Dispositivo adaptador del segundo elemento auxiliar de posicionamiento
	21	Eje longitudinal del elemento central
	22	Borde inferior del elemento central
15	23	Borde superior del elemento central
	24	Armadura
	25	Pieza de fijación
	26	Placa de anclaje
	27	Perforaciones de fijación
20	28	Posición de fijación
	29	Placa de base
	30	Punto central
	31	Punto de referencia
	32	Plano de referencia de altura
25	33	Tope
	SHSB	Altura prefijada de la base de encofrado y del primer elemento auxiliar de posicionamiento
	SHUK	Altura prefijada del borde inferior del elemento central
	SHUK	Altura prefijada del borde superior del elemento central
	SLR	Posición radial prefijada
30	SLW	Posición angular prefijada
	W	Ángulo del eje longitudinal del elemento central
	FH	Altura de llenado máxima del encofrado
	A	Distancia
	W	Ángulo
35		

REIVINDICACIONES

1. Método para levantar un cimientado de hormigón (1) para una torre eólica (3) pretensada mediante elementos de pretensado (2), particularmente, una torre eólica (3) de piezas prefabricadas de hormigón (4) pretensada externamente, en el que se construye un encofrado (7) para el cimientado de hormigón (1), en el que se posicionan y se fijan en el encofrado (7) elementos centrales (12) para preparar orificios pasantes en el cimientado de hormigón (1) para los elementos de pretensado (2) y en el que después se vierte el cimientado de hormigón (1), caracterizado por que se proporciona en el encofrado (7) al menos un primer elemento auxiliar de posicionamiento (13) con un dispositivo adaptador (16) para un elemento central (12) y con al menos una sección de referencia (17), particularmente, un receptáculo (17a) para un reflector de medición (18) para posicionar los elementos centrales, por que el primer elemento auxiliar de posicionamiento (13) se posiciona y se fija de forma precisa en el encofrado (7) mediante la sección de referencia (17) y porque cada elemento central (12) que se tenga que posicionar se dispone en el dispositivo adaptador (16) del elemento auxiliar de posicionamiento (13).
2. Método según la reivindicación anterior, caracterizado por que se instala un sistema de referencia de medición para posicionar los elementos centrales (12), porque se coloca a medida, de forma precisa, el al menos primer elemento auxiliar de posicionamiento (13) mediante la sección de referencia (17) en el sistema de referencia de medición mediante las coordenadas prefijadas previstas para la sección de referencia (17) y se fija en el encofrado (7), y porque se posiciona de forma precisa cada elemento central (12) que se tenga que posicionar en una posición de fijación (28) prevista disponiéndolo en el dispositivo adaptador (16) del elemento auxiliar de posicionamiento (13) con al menos su extremo inferior.
3. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se construye preferentemente de forma paralela a un plano de referencia de altura (32) del sistema de medición al menos una base de encofrado (8) plana para el cimientado de hormigón (1), porque la base de encofrado (8) se instala a su altura prefijada (SHSB) predeterminada y se proporciona el al menos un elemento auxiliar de posicionamiento (13) en la base de encofrado (8) instalada a su altura prefijada (SHSB) y, con ello, se posiciona un borde inferior (22) de cada elemento central (12) que se tenga que posicionar a su altura prefijada (SHUK).
4. Método según la reivindicación anterior, caracterizado por que el elemento auxiliar de posicionamiento (13) posicionado a su altura prefijada (SHSB) se posiciona en su posición radial prefijada (SLR) y angular prefijada (SLW) mediante dos secciones de referencia (17) y después se fija, y por que después se dispone, particularmente, se introduce o se encaja cada elemento central (12) que se tenga que posicionar en el dispositivo adaptador (16) en cuestión.
5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se determinan previamente coordenadas prefijadas para las secciones de referencia (17) y los elementos auxiliares de posicionamiento (13) se colocan a medida, de forma precisa, en función de las coordenadas prefijadas previstas para las secciones de referencia (17) y se fijan en el encofrado (7).
6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se fija, particularmente, se introduce en el receptáculo (17a) un segundo elemento auxiliar de posicionamiento (19) con un segundo dispositivo adaptador (20) para el elemento central (12) y con al menos una sección de referencia (17), particularmente, un receptáculo (17a) para un reflector de medición (18) en el extremo superior de cada elemento central (12) que se tenga que posicionar, y porque se orienta el extremo superior de cada elemento central (12) que se tenga que posicionar mediante la al menos una sección de referencia (17) y/o se orienta un eje longitudinal del elemento central (21) conforme a su ángulo (W) predeterminado.
7. Método según la reivindicación 6, caracterizado por que se fija una armadura (24) en el encofrado (7) antes de orientar los ejes longitudinales del elemento central (21) y por que los elementos centrales (12) orientados en el ángulo (W) predeterminado se fijan en la armadura (24), en donde se construye al menos una pared de encofrado (9) en la primera base de encofrado (8) preferiblemente antes de fijar la armadura (24).
8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los ejes del elemento central (21) se orientan de forma girada en un ángulo (W) agudo, particularmente, en un ángulo (W) agudo de hasta 15° frente a la recta perpendicular en la dirección del punto central del cimientado (30).
9. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, después de llevar a cabo el posicionamiento completo de los elementos centrales (12) respecto a su posición y a su eje longitudinal del elemento

central (21), se mide cada vez una altura efectiva de un borde superior (23) de los elementos centrales (12) y porque se determina una altura de llenado (FH) máxima del encofrado (7) a partir de las alturas efectivas de los bordes superiores (23) al hormigonar el cimiento (1).

5 10. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, después de orientar completamente los elementos centrales (12) respecto a su posición y a su eje longitudinal del elemento central (21) se completa el encofrado (7) y se vierte el cimiento de hormigón (1), de manera que al menos el primer elemento auxiliar de posicionamiento (13) forma parte del encofrado (7).

10 11. Cimiento de hormigón (1) para una torre eólica (3) pretensada mediante elementos de pretensado (2), particularmente, para una torre eólica (3) de piezas prefabricadas de hormigón (4) pretensada de forma externa, caracterizado porque el cimiento de hormigón (1) se levanta según un método según una de las reivindicaciones anteriores.

15 12. Cimiento de hormigón (1) para una torre eólica (3) pretensada mediante elementos de pretensado (2), particularmente, para una torre eólica (3) de piezas prefabricadas de hormigón (4) pretensada de forma externa, caracterizado porque el cimiento de hormigón (1) tiene tubos envolventes (12) para elementos de pretensado (2) incrustados en el vertido del cimiento de hormigón (1) en posiciones de fijación (28) previstas para una fijación de la torre eólica (3), los cuales se realizan como tubos envolventes (12) de una pieza con una sección transversal constante.

20 13. Turbina eólica (3), particularmente, turbina eólica (3) de piezas prefabricadas de hormigón (4) pretensada mediante elementos de pretensado (2), particularmente, pretensada de forma externa, caracterizada porque tiene un cimiento de hormigón (1) según una de las reivindicaciones 11 o 12.

25 14. Dispositivo de posicionamiento para orientar elementos centrales (12) en un cimiento de hormigón (1), particularmente, un cimiento de hormigón (1) para una torre eólica (3) pretensada mediante elementos de pretensado (2), particularmente, para una torre eólica (3) de piezas prefabricadas de hormigón (4) pretensada de forma externa, caracterizado porque el dispositivo de posicionamiento comprende al menos un primer elemento auxiliar de posicionamiento (13) con un dispositivo adaptador (16) para un elemento central (12) y con al menos una sección de referencia (17), particularmente, un receptáculo (17a) para un reflector de medición (18) para colocar a medida el primer elemento auxiliar de posicionamiento (13).

30 15. Dispositivo de posicionamiento según la reivindicación anterior, caracterizado porque el primer elemento auxiliar de posicionamiento (13) tiene un cuerpo volumétrico (14), preferiblemente fresado mediante CNC (control numérico), que tiene en su lado inferior una superficie de instalación (15) plana y/o en cuyo lado superior se integran, preferiblemente, se fresan el dispositivo adaptador (16) y/o la al menos una sección de referencia (17).

35 16. Dispositivo de posicionamiento según una de las reivindicaciones 14 a 15, caracterizado porque el dispositivo de posicionamiento tiene un segundo elemento auxiliar de posicionamiento (19) con un segundo dispositivo adaptador (20) para el elemento central (12) y con al menos una sección de referencia (17), particularmente, un receptáculo (17a) para un reflector de medición (18) para colocar a medida el segundo elemento auxiliar de posicionamiento (19).

40 17. Dispositivo de posicionamiento según una de las reivindicaciones 14 a 16, caracterizado porque cada uno del primer y/o del segundo dispositivo adaptador (16, 20) para el elemento central (12) se configura mediante un saliente que sobresale de la superficie del elemento auxiliar de posicionamiento (13, 19) en cuestión, en el cual se puede encajar el elemento central (12) o el cual se puede introducir en el elemento central (12), en donde al menos el primer dispositivo adaptador (16) para el elemento central (12) se orienta preferiblemente en un ángulo (W) agudo frente a una recta perpendicular en la superficie de orientación (15) del lado inferior del elemento auxiliar de posicionamiento (13), particularmente, en un ángulo (W) agudo de hasta 15°.

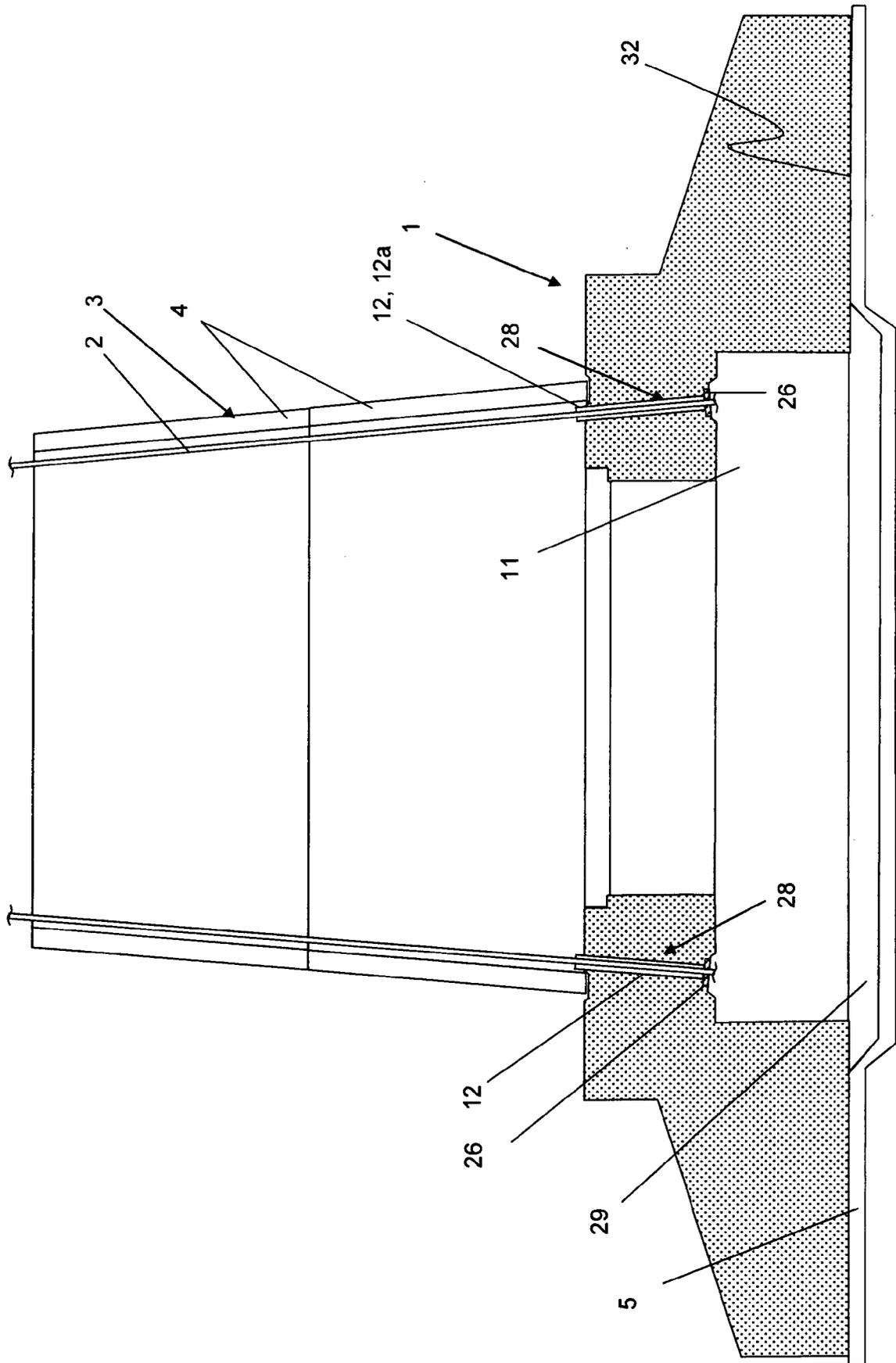


Fig. 1

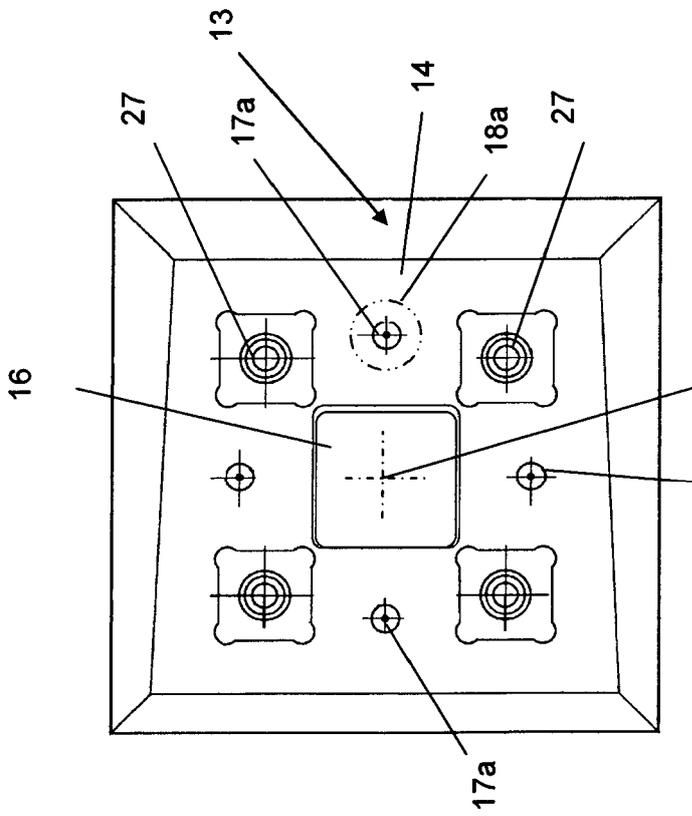


Fig. 2

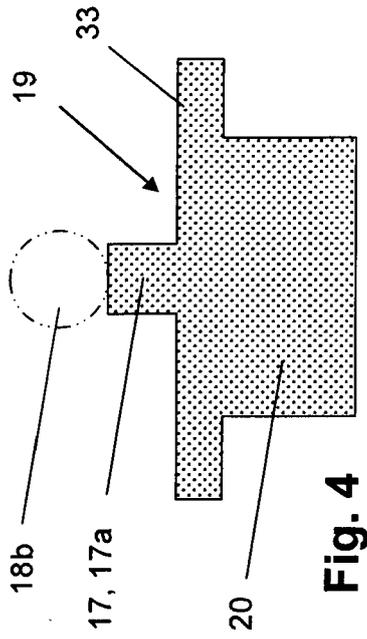


Fig. 4

Fig. 2

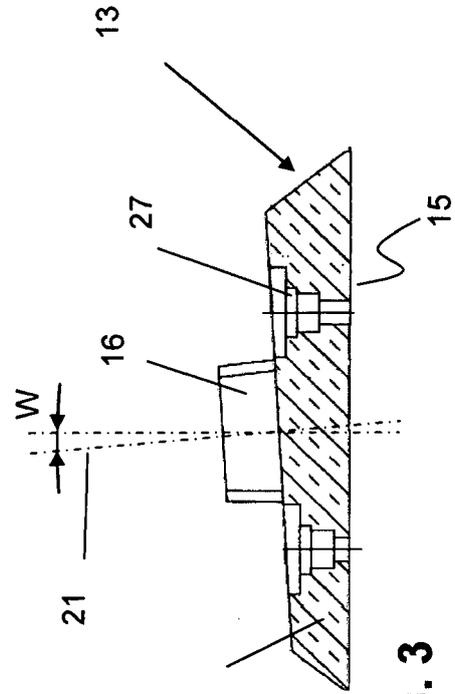


Fig. 3

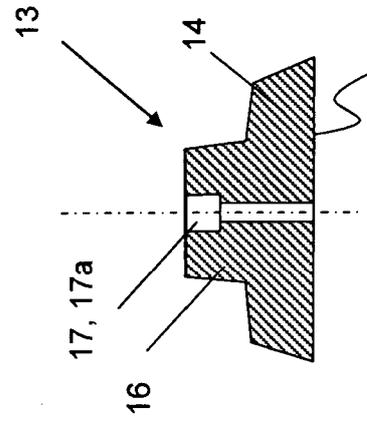


Fig. 8

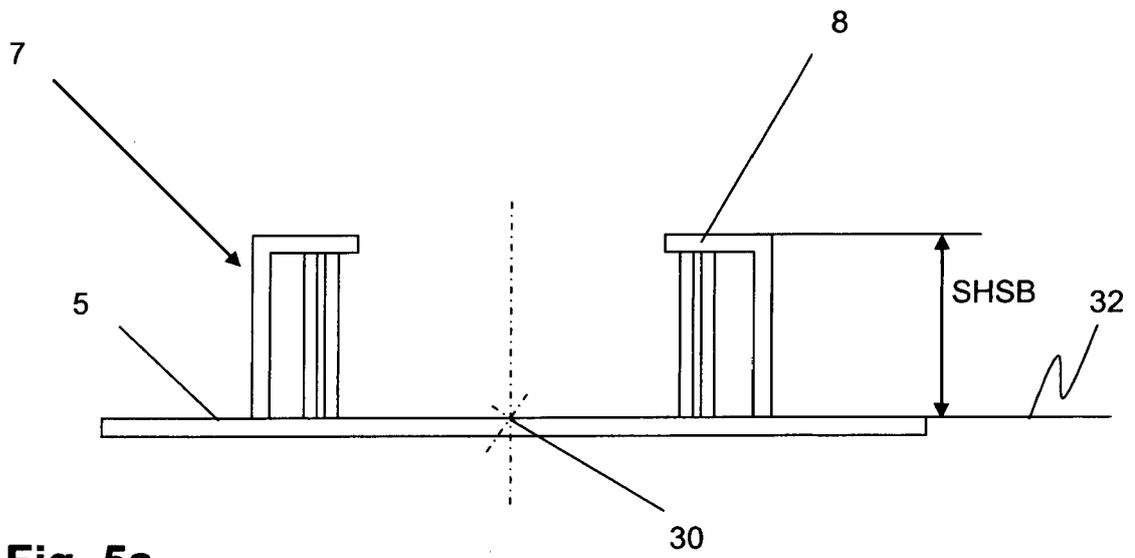


Fig. 5a

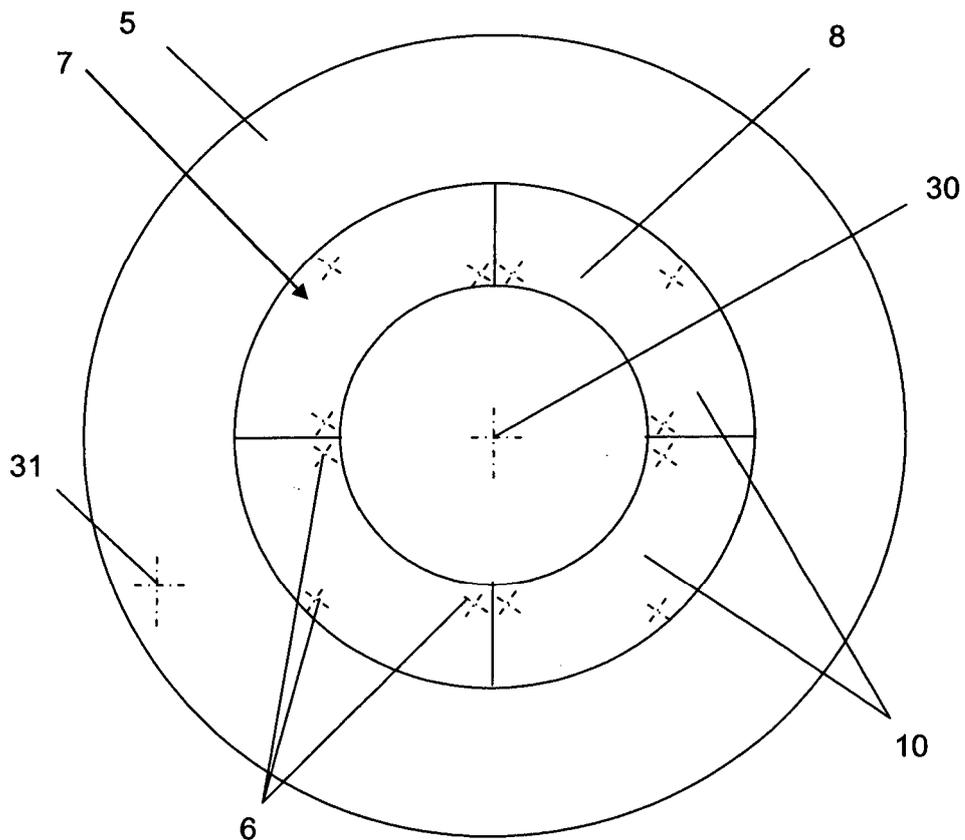
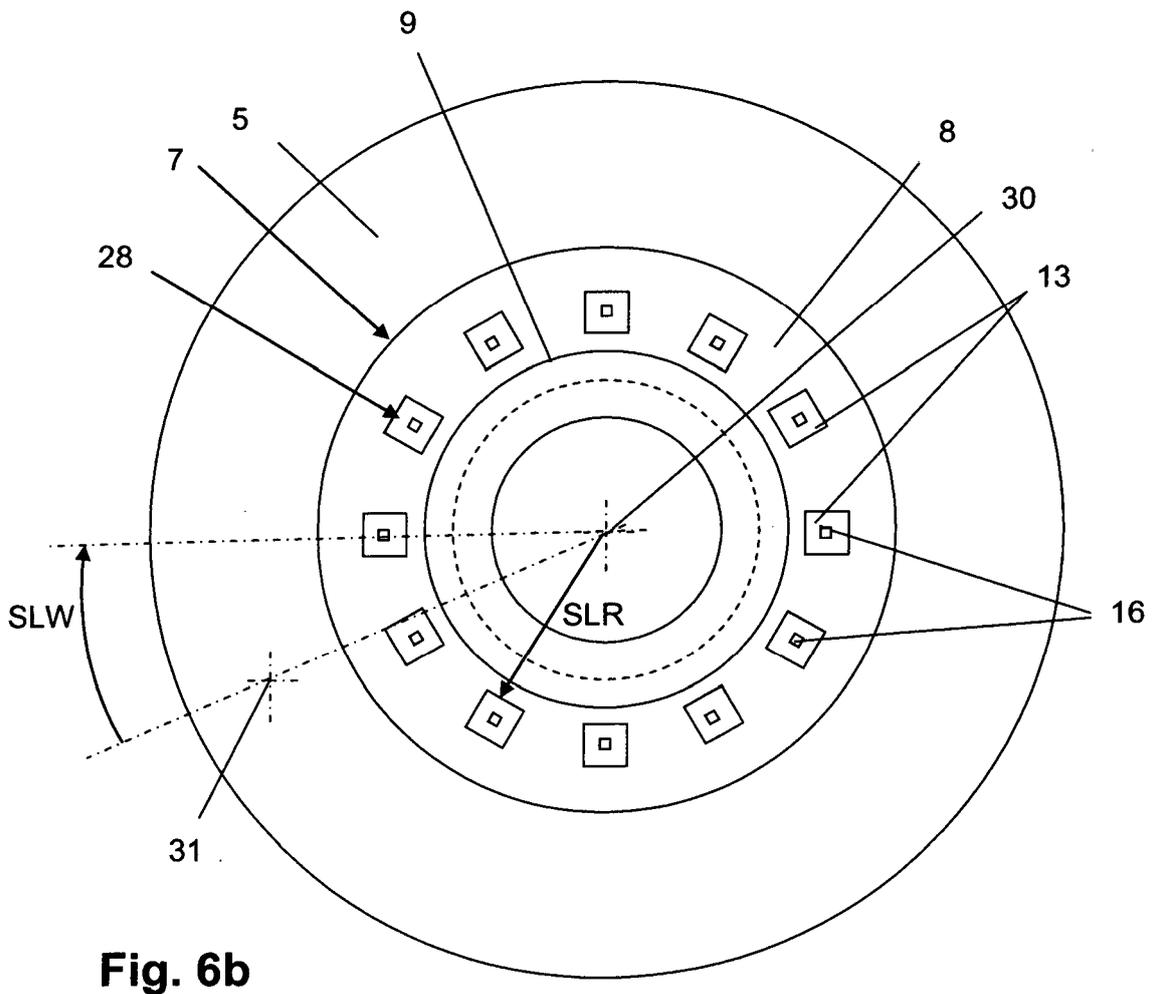
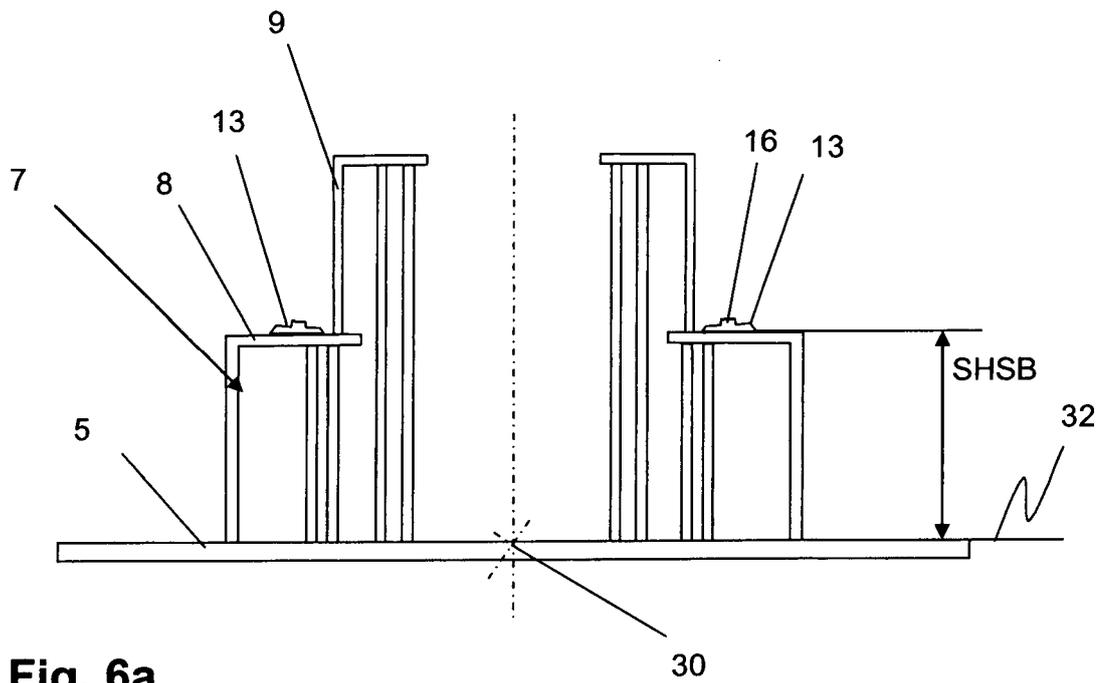


Fig. 5b



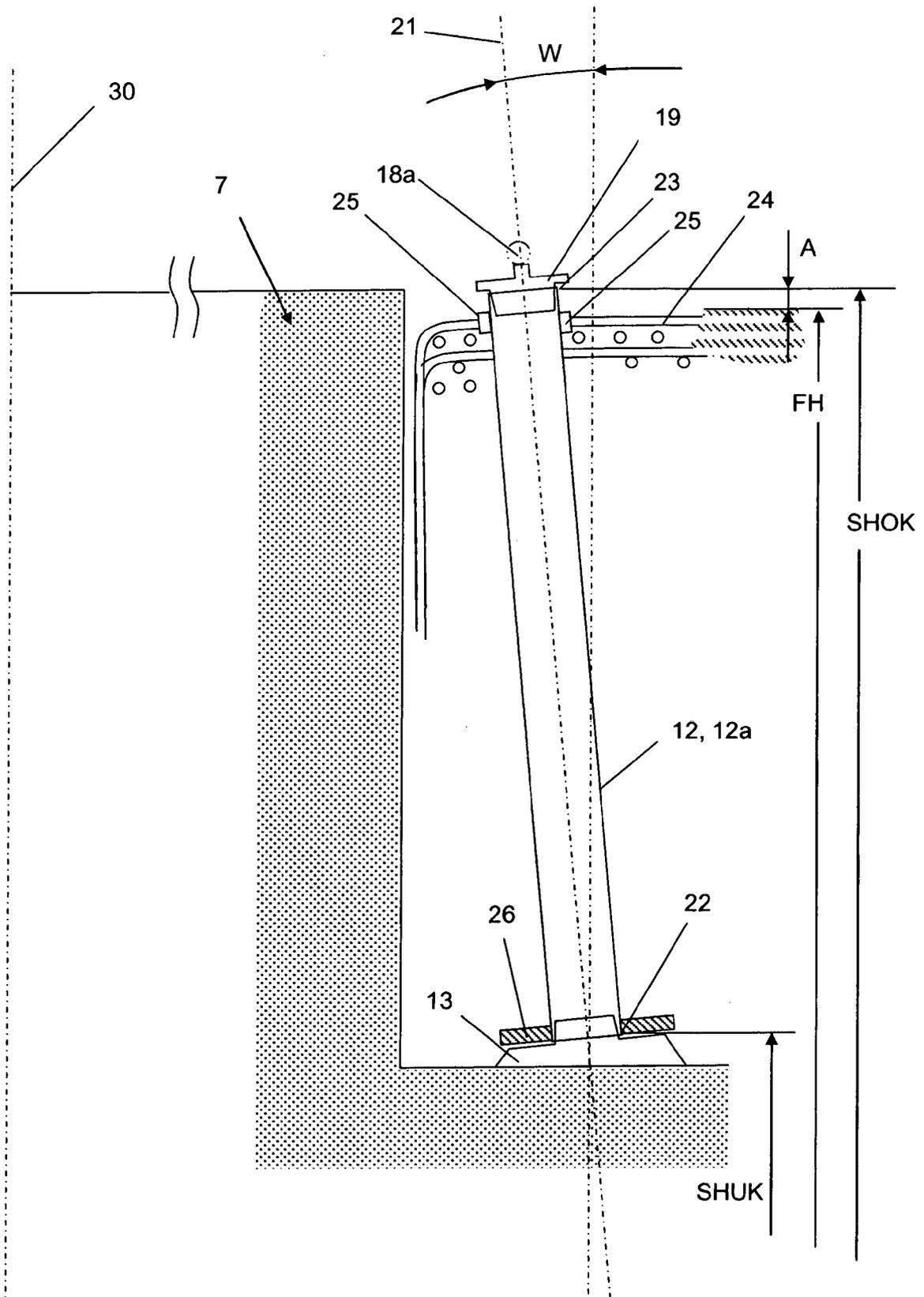


Fig. 7