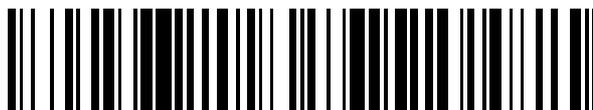


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 360**

51 Int. Cl.:

B28B 7/22 (2006.01)
E04H 12/12 (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)
B28B 21/02 (2006.01)
B28B 21/82 (2006.01)
E04H 12/34 (2006.01)
B28B 7/00 (2006.01)
B28B 17/00 (2006.01)
B28B 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.06.2012 PCT/EP2012/061333**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2012 WO12175406**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2012 E 12727379 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2723544**

54 Título: **Producción de torre**

30 Prioridad:

22.06.2011 DE 102011078016

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.05.2018

73 Titular/es:

WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Borsigstrasse 26
26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

KAPITZA, JAN;
ALBERS, KARSTEN y
HORN, GÜNTHER

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 666 360 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

Producción de torre

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la producción de un segmento de torre de una torre de hormigón de una instalación de energía eólica.

Las instalaciones de energía eólica, en particular aquellas con eje de rotor horizontal según se muestra en la figura 1, gozan actualmente de popularidad creciente.

10 Tales instalaciones de energía eólica presentan una góndola con un rotor aerodinámico. Esta góndola con rotor puede tener una masa muy superior de 100 t según el tamaño de la instalación. La góndola se soporta sobre una torre, que puede estar configurada como torre de hormigón o como torre de acero y la carga de la góndola se debe absorber y derivar a una cimentación. Esta carga contiene una carga de peso por la góndola así como una carga
15 debida a la presión del viento sobre el rotor durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica.

Las torres de hormigón de instalaciones de energía eólica, de las que parte la presente invención, se construyen a partir de segmentos de torre, a saber, piezas prefabricadas de hormigón de hormigón armado. Por consiguiente se diferencian fundamentalmente de las torres de hormigón que se construyen a partir de así denominado hormigón en
20 obra, es decir, directamente in situ mediante un encofrado trepante, como es habitual esto, por ejemplo, para torres de televisión. En una torre de hormigón de una instalación de energía eólica también se plantean en este sentido otros requerimientos como en otra torre de hormigón. Uno de los requerimientos especiales también es la carga al viento ya arriba descrita sobre el rotor, por consiguiente sobre la góndola y por consiguiente sobre la cabeza de torre.

25 Según una forma de una instalación de energía eólica, la torre discurre cónicamente desde debajo desde su cimentación hacia arriba hacia su cabeza de torre. Los segmentos de torre a superponer para ello se deben adaptar entre sí correspondientemente a los puntos de prolongación. Esto se refiere en particular a la forma y diámetro de los segmentos en cuestión en la zona en la que se ponen unos sobre otros. Si una desviación de dos segmentos
30 superpuestos es demasiado grande aquí, la torre de hormigón en cuestión ya no se puede fabricar con suficiente calidad de producción. Al menos uno de los segmentos a ensamblar se debe separar entonces como desecho y sustituirse por un segmento apropiado con mejores dimensiones, en particular observadas más exactamente. Al menos un encofrado usado para la fabricación del segmento de torre de desecho se debe modificar o intercambiar correspondientemente. La separación de un segmento de torre de desecho semejante así como eventualmente la
35 sustitución de un encofrado usado provoca costes innecesarios y puede conducir a un retardo de tiempo en la construcción de una instalación de energía eólica.

Una torre de una instalación de energía eólica que discurre cónicamente, que está compuesta de una pluralidad de segmentos de torre, a saber piezas prefabricadas de hormigón, necesita un número correspondientemente elevado
40 de diferentes segmentos de torre. Para estos segmentos de torre diferentes se necesitan correspondientemente muchos encofrados, es decir, moldes para el vertido del segmento de torre concreto correspondiente. Si se fabrican instalaciones de energía eólica de diferente tamaño, se necesitan correspondientemente torres de hormigón de diferente tamaño y correspondientemente aumenta el número de segmentos de torre necesarios y encofrados necesarios. En particular con torres que se vuelven más grandes y número que se vuelve más grandes de diferentes
45 torres aumenta correspondientemente fuertemente el número de segmentos de torre diferentes y encofrados necesarios y se puede producir un problema logístico y/o organizativo en la empresa en cuestión para la producción de los segmentos de torre. Al menos aumenta considerable el coste en logística y organización.

Para la producción de piezas de torre de hormigón, es decir, segmentos de hormigón, a saber piezas prefabricadas
50 de hormigón, se usan encofrados de hormigón que forman una cavidad en la que se vierte el hormigón. Aquí también se prevé un armado correspondiente, y después del endurecimiento del hormigón se separa éste del encofrado y luego se sigue procesando correspondientemente. Para la fabricación de segmentos de torre en forma de envolvente troncocónica o segmentos parciales correspondientes se pueden usar un encofrado interior y uno exterior. Correspondientemente se vuelve necesario un encofrado interior y uno exterior. Después del
55 endurecimiento se puede elevar alejándose el encofrado exterior, que puede pesar 5 t hasta 10 t, mediante una grúa, de modo que es accesible la pieza prefabricada de hormigón endurecida y, por su lado, se puede transportar mediante una grúa para el procesamiento posterior. Este trabajo es costoso y necesita un elevado grado de aprovechamiento de máquinas correspondientemente pesadas, lo que de nuevo aumenta el coste de fabricación y encarece la fabricación.

60

A este respecto, finalmente los segmentos de torre se deben transportar mediante un remolque de plataforma baja desde el fábrica de fabricación, que ha fabricado los segmentos de torre como piezas prefabricadas, hacia el lugar de colocación correspondiente de una instalación de energía eólica, para que allí se pueda erigir una torre de hormigón de una instalación de energía eólica mediante estos segmentos de torre.

5

Dado que tales segmentos de torre presentan esencialmente la forma de una envolvente troncocónica o de un segmento de una envolvente troncocónica, éstos ofrecen problemas especiales durante el transporte sobre un remolque de plataforma baja semejante. A este respecto, las piezas prefabricadas de hormigón se deben transportar habitualmente de pie, ya que de este modo se necesita el menor espacio durante el transporte. Los segmentos de hormigón se producen en ocasiones tan grandes como sea posible, pero tan pequeños que éstos todavía se puedan transportar por carretera. A este respecto, se consideran la mayoría de las veces tamaños especiales permitidos. Transportar un gran segmento de torre semejante, o varios de ellos, de forma segura mediante un remolque de plataforma baja por carretera es un desafío especial. Si éstos no se amarran por error de forma suficientemente rígida, existe el peligro de que éstos vuelquen en una curva del remolque de plataforma baja o se corran de forma indeseada durante un frenazo. Esto se puede producir, en particular en el caso de un amarre, que se puede aflojar por un ligero corrimiento debido a las curvaturas del segmento de torre correspondiente.

La publicación alemana para información de solicitud de patente DE 102 40 708 A1 se refiere a un procedimiento para la fabricación de un cuerpo de hormigón, que se fabrica mediante un molde de hormigón, presionándose el hormigón autocompactante desde abajo en el molde de hormigón. El artículo de Rauno Heikkila et al. "Dreidimensionales Mess- und Prüfsystem für die Produktion architektonischer Betonfertigteile. Three-dimensional control system for precast architectural concrete production", BFT International, Bauverlag Güttersloh, DE, volumen 60, nº 10, 1 de octubre de 1994 (1994-10-01), páginas 62, 67, XP000474762, ISSN: 0373-4331, se refiere a un sistema de medición y examen tridimensional para la producción de piezas prefabricadas arquitectónicas de hormigón, describiéndose un sistema de medición automático.

La presente invención tiene por consiguiente el objetivo de direccionar al menos uno de los problemas mencionados arriba, en particular la producción y transporte de segmentos de torre de torres de hormigón de instalaciones de energía eólica para mejorarlas. En particular se debe proponer una producción más exacta y/o una simplificación de la producción de los segmentos de torre y/o una mejora de la fabricación de diferentes torres de hormigón para instalaciones de energía eólica y/o el transporte de segmentos de torre de torres de hormigón de instalaciones de energía eólica. Al menos se debe proponer una solución alternativa.

Según la invención se propone un procedimiento para la producción de un segmento de torre de una torre de hormigón de una instalación de energía eólica según la reivindicación 1. Por lo tanto se llena con hormigón un encofrado que forma un molde de segmento. Cuando el hormigón se ha endurecido, presenta la forma predeterminada por el molde de segmento y forma por consiguiente el segmento de torre. El molde de torre se puede componer, por ejemplo, esencialmente de dos encofrados, que se disponen uno respecto a otro de modo que en medio se forma un espacio para el relleno con hormigón y para la predeterminación de la forma del segmento de torre a fabricar. Después de que el hormigón se ha endurecido formando un segmento de torre, se mide el segmento de torre para elaborar un modelo real virtual tridimensional del segmento de torre. En este contexto se debe entender bajo un segmento de torre endurecido uno tal, en el que así está fraguado el hormigón, que es tan duro que el segmento de torre mantiene su forma y se puede procesar posteriormente. En este momento todavía no se requiere que el segmento de torre ya haya alcanzado su resistencia final, que se necesita durante la instalación en una torre de hormigón.

El segmento de torre se mide de modo que se puede elaborar un modelo real tridimensional y un modelo real semejante se confecciona luego, a saber como modelo virtual. Si, por ejemplo – para usar un caso sencillo para la explicación – se fabrica un segmento de torre que debe presentar una envolvente troncocónica, entonces ya pueden ser suficientes unos pocos valores de medición, para elaborar un modelo de una envolvente troncocónica con las dimensiones concretas del segmento de torre. De forma puramente teórica es suficiente para la determinación y modelización numérica de un borde exterior circular, como por ejemplo, de un borde exterior superior del segmento de torre, la toma de tres puntos de medición. Sin embargo, en un caso semejante no se pueden determinar las desviaciones de un círculo. Si se deben determinar las desviaciones, como por ejemplo una deformación de un círculo hacia una forma elíptica para este borde exterior superior mencionado a modo de ejemplo, así se necesitan otros puntos de medición. Otras zonas del segmento de torre medido se pueden detectar en la formación del modelo – usando otros puntos de medición – por ejemplo a través de una relación lineal.

Básicamente se debe proponer una sobredeterminación del objeto mediante la toma de más, en particular claramente más puntos de medición que los necesarios teóricamente. En este caso puede aparecer el problema de

que la forma considerada básicamente – como por ejemplo una forma elíptica – no contenga cada punto de medición después su modelización. Por tanto se puede efectuar una modelización, cuando por ejemplo para el cálculo de la sección modelada a partir de los puntos de medición se aplica el procedimiento de mínimos cuadrados.

- 5 Asimismo el modelo virtual se puede componer de elementos finitos. Esto puede depender entre otros de las suposiciones consideradas, en particular si se parte del cumplimiento de ciertas formas base o si todavía no se debe efectuar una fijación al respecto en la formación del modelo.

10 Bajo un modelo virtual se debe entender aquí que el modelo no está presente físicamente, sino que como modelo está presente en un dispositivo de procesamiento de datos, en particular un ordenador de proceso. Del mismo modo y manera se toma por base un modelo de referencia, con el que se comparan respecto a las dimensiones geométricas el modelo real virtual elaborado del segmento de torre, a fin de determinar de forma cuantitativa y cualitativa las desviaciones geométricas. Bajo el modelo real se debe entender aquí el modelo del segmento de torre medido. No se pueden evitar pequeñas desviaciones entre el modelo real y segmento de torre medido.

15 Después de la comparación del modelo real tridimensional con una forma predeterminada, como el modelo teórico virtual, se evalúan las desviaciones detectadas. En este caso se consideran en particular por secciones las respectivas desviaciones mayores, como por ejemplo la desviación mayor de la altura del segmento medido respecto al predeterminado, la desviación mayor del diámetro de un contorno exterior horizontal previsto del modelo real respecto al modelo teórico, la mayor desviación de un espesor de pared del modelo real del del modelo teórico y la mayor desviación de un contorno exterior no circular del modelo real de un contorno exterior circular predeterminado por el modelo teórico. Esto sólo son ejemplos de desviaciones. Pero también se pueden usar otras desviaciones que la respectiva desviación mayor, como por ejemplo una desviación media. Esta al menos una desviación se compara luego con un primer valor límite predeterminado. Este valor límite depende correspondientemente de las tolerancias permitidas y también se predeterminada en función de si respectivamente se considera un valor de desviación máximo, un valor de desviación promedio u otro valor de desviación para la comparación. Si este valor límite se sobrepasa, se debe adaptar correspondientemente el molde usado, en particular un encofrado usado. La adaptación se puede realizar, por ejemplo, mediante aplicación o remoción de material en el encofrado, o mediante deformación del encofrado. En el caso más extremo se considera la sustitución del encofrado en cuestión.

35 Preferentemente la medición del segmento de torre correspondiente se efectúa mediante un medidor láser. Un medidor láser semejante también puede determinar una pluralidad de puntos de medición de forma tridimensional y está preparado preferentemente para introducir los valores de medición tomados en un sistema de procesamiento de datos o facilitarlos a éste, para que se pueda calcular el modelo real y efectuarse la comparación descrita.

40 Preferentemente la medición del segmento de torre se realiza con una exactitud de 5 mm o superior, en particular 2 mm o superior y más preferiblemente 1 mm o superior. El primer valor límite predeterminado es preferentemente de 10 mm o menos, en particular 5 mm o menos y más preferiblemente 2 mm o menos.

45 Mediante el procedimiento propuesto se consigue por consiguiente una exactitud en el rango de milímetros para un segmento de hormigón. A este respecto se debe observar que tales segmentos de torre pueden presentar en general una dimensión exterior, es decir una anchura, de 5 m. Si – referido a una vista en planta – se producen segmentos semicirculares, como por ejemplo segmentos semicirculares o segmentos de cuadrante, entonces éstos pueden presentar una dirección longitudinal todavía mayor – referido a un transporte preferido por carretera – y correspondientemente estar previstos para todavía diámetros de torre mayores. Por tanto se propone una exactitud en el rango de milímetros, lo que supera la exactitud habitual en el orden de magnitud mencionado anteriormente para los elementos de hormigón.

50 Según una forma de realización se propone que como primer valor límite predeterminado se predetermine una desviación máxima de una sección horizontal del modelo real, referido a la orientación prevista del segmento de torre, de un círculo o segmento circular. Los segmentos de torre a producir están previstos para disponerse unos sobre otros durante la construcción de una torre de hormigón de una instalación de energía eólica. Por ello se puede observar una exactitud de ajuste muy elevada de los segmentos de torre dispuestos unos sobre otros, a saber, de los segmentos de torre superpuestos a fin de garantizar la estabilidad de la torre a producir. Estas desviaciones se refieren a una sección horizontal, es decir, una sección transversalmente al eje vertical de la torre de hormigón. Se hacen perceptibles en particular durante la superposición de los segmentos de torre y se deben observar por ello de la forma más exacta posible.

60 Otra configuración prevé que el segmento de torre fabricado y medido se trate como desecho cuando la desviación

entre el modelo real virtual y la forma predeterminada, en particular así el modelo teórico virtual, sobrepase un segundo valor límite predeterminado, que es mayor que el primer valor límite predeterminado. Por consiguiente se propone la supervisión de dos valores límite, y un sobrepaso del primero sólo conduce a una mejora posterior del molde de hormigón – en particular del encofrado – mientras que una desviación demasiado intensa, que se sitúa por encima del segundo valor límite, también conduce a una pieza de desecho. Si así se sobrepasa el primer valor límite, pero no el segundo, se parte de que el segmento de torre fabricado todavía se sitúa dentro de límites aceptables. Las desviaciones sólo son tan grandes que una adaptación del molde de hormigón, en particular del encofrado, pretende una mejora del siguiente segmento de torre a fabricar. Mediante la supervisión del primer valor límite se pretende en conjunto así de forma continuación una supervisión y mejora de la calidad del segmento de torre fabricado y por consiguiente de la torre a fabricar. Correspondientemente el primer valor límite se puede seleccionar muy pequeño.

Sólo el sobrepaso del segundo valor límite – que debería ocurrir lo más raramente posible – conduce a un desecho y por consiguiente a la necesidad de producir un nuevo segmento de torre mejorado para la sustitución del segmento de torre recién desechado.

Preferentemente el procedimiento está configurado de modo que en función de la desviación determinada se calcule un valor de corrección para la modificación del molde de segmento o para la modificación al menos de unos encofrados que forman el molde de segmento. Mediante la comparación del modelo real virtual con el modelo teórico virtual se puede reconocer una desviación cualitativa y cuantitativa. Correspondientemente las desviaciones se conocen muy bien según la calidad, cantidad y lugar entre el modelo real y el modelo teórico. A partir de ello se pueden calcular correspondientemente las modificaciones necesarias del encofrado, dado que éste representa esencialmente un molde negativo del segmento de torre fabricado y medido.

Además, se propone un dispositivo para la medición de un segmento de torre. Por tanto está previsto un medidor para la medición de dimensiones geométricas del segmento de torre, en particular un medidor láser. Además, está previsto un dispositivo de procesamiento de datos, en particular un ordenador, que está preparado para elaborar un modelo virtual a partir de los datos geométricos tomados por el medidor y realizar una comparación del modelo virtual con una forma predeterminada, en particular una comparación con un modelo virtual ya existente, es decir, una comparación del modelo real con el modelo teórico.

Preferentemente el dispositivo de medición está preparado para la realización de un procedimiento arriba descrito. En este sentido para el procedimiento son necesarios otros elementos de dispositivo, como un molde de hormigón o encofrado y/o un dispositivo para la modificación de un molde de hormigón o encofrado, éstos forman respectivamente una parte del dispositivo de medición, que en este sentido también se puede designar como dispositivo de optimización o dispositivo de fabricación para un segmento de torre. Preferentemente el dispositivo de medición presenta medios de fijación, con los que se puede fijar éste en un segmento de torre y/o un encofrado, para medir lisamente este segmento de torre o un segmento de torre fabricado con él.

La medición descrita con comparación subsiguiente de los modelos mencionados se refiere por consiguiente en particular a un control final, en el que los segmentos de hormigón terminados se verifican con un procedimiento de medición por láser y dispositivo de medición de láser correspondiente después de la terminación. En particular se trata de verificar si el contorno es acertado, en particular si los segmentos son realmente redondos. En este caso el segmento terminado se explora mediante el sistema de medición láser y a partir de ello se crea una imagen tridimensional en el ordenador, que se compara con el modelo 3D, es decir la forma ideal. En este caso se trata de reconocer desviaciones ligeras y adaptar correspondientemente eventualmente el encofrado. Así se puede reconocer, por ejemplo, una ligera desviación del óptimo, a lo cual se realiza una adaptación del encofrado pero sin que se tenga que designar el segmento medido como desecho. Mejor dicho así se propone ya en fases previas un reajuste, para conseguir una optimización de la fabricación. En este caso se pretenden exactitudes en el rango de milímetros y también se consigue lo que podría ser habitual para la construcción de máquinas, es decir, explotación que procesa metal, en el caso de órdenes de magnitud de los objetos terminados, no obstante, no en la producción de hormigón general de tales órdenes de magnitud.

Finalmente mediante la solución propuesta también se consigue una reproductibilidad de los segmentos de hormigón fabricados. Junto a una mejora de calidad general, esto también posibilita la intercambiabilidad de elementos, que deberían ser idénticos en principio, pero debido a las fluctuaciones de la fabricación no son totalmente iguales. Debido a una mejora de la reproductibilidad se pueden intercambiar tales elementos entre sí. Esto puede ser ventajoso p. ej. en el almacenamiento, ya que no se debe identificar cada segmento individual, sino sólo tipos de segmentos, inclusive su tamaño.

Además, se propone un encofrado para la producción de un segmento de torre de una torre de hormigón de una instalación de energía eólica. Un encofrado semejante parte de segmento de torre con una superficie interior cóncava y una exterior convexa, según es el caso en un segmento de encofrado cilíndrico o un segmento de encofrado de un cono truncado. Para una superficie interior cóncava, que también señala según lo previsto hacia el interior de la torre de hormigón a producir, está previsto para la conformación un elemento de encofrado interior. Esto puede ser, por ejemplo, un cilindro o un cono truncado o similares. Para la superficie exterior convexa, que también debe formar esencialmente una parte de la superficie exterior de la torre de hormigón a fabricar, está previsto un elemento de encofrado exterior correspondiente. El elemento de encofrado interior también se puede designar como encofrado interior o elemento de encofrado interior, y el elemento de encofrado exterior se puede designar como elemento de encofrado exterior o encofrado exterior.

Ambos elementos de encofrado están preparados para ensamblarse de modo que entre ellos se forma un espacio de recepción para la recepción de una masa de hormigón para el vertido del segmento de torre a fabricar. Los dos elementos de encofrado se ensamblan así de modo que se produce un intersticio anular o similares o una parte de él.

El encofrado exterior, es decir, el elemento de encofrado exterior presenta un dispositivo de desplazamiento, en particular varias ruedas, para alejar, en particular apartar, el encofrado exterior después del endurecimiento del segmento de torre en la dirección horizontal del segmento de torre, a fin de liberar el segmento de torre terminado.

Después del alejamiento del encofrado exterior de este modo y manera, el segmento de torre recién fabricado está libre por consiguiente esencialmente de un lado y todavía está en contacto gracias a su otro lado cóncavo con el encofrado interior. Sin embargo este segmento de torre ahora se puede alejar, por ejemplo, con una grúa de nave desde su posición y llevarse para el procesado posterior o transporte.

Hasta ahora era conocido elevar también el encofrado mediante una grúa de nave, con frecuencia mediante la misma grúa de nave con la que se eleva el segmento de hormigón. Esto se basa en la idea de que el encofrado presenta con frecuencia un peso similar que el segmento de torre terminado. El encofrado puede presentar un peso de 5 t hasta 10 t. Un objeto pesado semejante apenas se puede manipular manualmente y por este motivo se usan y se han usado grúas de nave, que pueden vencer tales pesos. Pero ahora se ha reconocido que parcialmente es posible una manipulación manual, al menos se puede lograr una manipulación sin la grúa de nave. De este modo se puede simplificar la manipulación y reducir el tiempo de uso para la grúa de nave.

Se ha reconocido que el encofrado exterior presenta un peso elevado, pero por ello sólo debe desplazarse un pequeño recorrido. Se agrega que los suelos de la nave son con frecuencia planos y horizontales en naves de producción industriales. Por consiguiente el problema del desplazamiento de un encofrado pesado se concentra en una superación de la fuerza de fricción durante el movimiento horizontal del encofrado. Por ello está previsto un dispositivo de desplazamiento, que debe reducir las fuerzas de fricción eventuales. En particular esto se debe conseguir mediante ruedas o rodillos.

Preferentemente el dispositivo de desplazamiento presenta ruedas o rodillos para el desplazamiento del elemento de encofrado exterior, es decir, del encofrado exterior sobre carriles. Dado que el encofrado sólo debe liberar el segmento de torre al alejarse éste y a continuación se debe retraer de nuevo a su posición conformadora, es ventajoso el desplazamiento sobre carriles, ya que éstos predeterminan la dirección y no se necesita un grado de libertad adicional para el movimiento del encofrado. Durante la retracción del encofrado exterior a su posición de partida para la producción de otro segmento de torre, los carriles permiten que el encofrado alcance muy exactamente su posición prevista. Además, esto también es esencialmente más sencillo frente al uso de una grúa de nave, dado que no se requiere un posicionamiento complicado.

Preferentemente se propone un medio de palanca, que está previsto para el arrastre o deslizamiento del encofrado exterior, a fin de separar a este respecto también el encofrado exterior del segmento de torre endurecido. De este modo se puede superar una fuerza de adhesión, que actúa entre el segmento de torre recién endurecido y el encofrado exterior. Para ello el encofrado exterior sólo necesita moverse una distancia muy pequeña, por ello es posible prever un efecto de elevación muy grande. El encofrado exterior se puede apartar de este modo del segmento de torre terminado y eventualmente se puede aplicar nuevamente una palanca semejante, para seguir arrastrando el encofrado exterior. Preferentemente directamente junto al elemento de encofrado exterior que se sigue arrastrando está empotrado un punto de ataque en el suelo de la nave o en un fondo de producción, en el que se puede aplicar una palanca semejante, o está previsto un apoyo auxiliar, como por ejemplo, un sustrato que se sitúa sobre el suelo de la nave y se apoya por sí mismo contra un objeto, como p. ej. un zócalo, sobre el que se vierte el segmento de torre, que se puede designar como fondo de producción. Presentando el apoyo auxiliar un

punto de aplicación, en particular una escotadura de aplicación y/o saliente de aplicación para la aplicación de la palanca. A este respecto una palanca se puede entender en el sentido creativo, a saber una barra de metal o tubo de acero. Ésta se puede aplicar en el punto de aplicación, como p. ej. en la escotadura de aplicación y fijarse poco por encima en la zona inferior en el encofrado exterior. A través del otro extremo de esta palanca – es decir, de esta

5 barra o de este tubo de acero – es posible ahora una gran transmisión de fuerza. La relación de palanca de este ejemplo depende de la relación de la longitud total de la palanca respecto a la distancia del punto de aplicación en el suelo de la nave respecto al punto de aplicación en el encofrado exterior, así como de un ángulo de vuelco.

Preferentemente está previsto un medio de elevación, a fin de elevar el encofrado exterior o el elemento de

10 encofrado exterior después del endurecimiento del segmento de torre, de modo que el elemento de encofrado exteriores se puede elevar, de modo que sólo se carga todavía sobre el dispositivo de marcha. Para garantizar un derrame del hormigón líquido durante el llenado y antes del endurecimiento, el encofrado exterior móvil debería cargar de forma fija sobre una base durante el proceso de fabricación, a saber de forma fija y estanca, de modo que no se pueda escapar el hormigón. Para poder soltar un encofrado exterior colocado de forma fija están previstos los

15 medios de elevación descritos.

Preferentemente está previsto un medio separador para la separación del elemento de encofrado exterior del segmento de torre, con un medio de presión, en particular un tornillo de presión para el ejercicio de una presión de separación para soltar el elemento de encofrado exterior del segmento de torre. Un medio separador semejante está

20 fijado de forma fija en el elemento de encofrado exterior y mediante el medio de presión puede ejercer una presión contra un elemento antagonista, como otro elemento de encofrado exterior del mismo molde de hormigón u otro objeto, o a la inversa el medio separador está dispuesto en el elemento antagonista y presiona para la separación contra el elemento de encofrado exterior y lo presiona de este modo alejándose del segmento de torre.

Preferentemente el encofrado está preparado para desencadenar el movimiento de elevación del medio de elevación mediante un movimiento de atornillado, en particular mediante un destornillador de aire comprimido. Mediante el movimiento de atornillado se puede conseguir una buena transmisión de fuerza, pudiéndose conseguir también una autorretención del dispositivo de elevación. Preferentemente está previsto un accionamiento mediante

25 destornillador de aire comprimido. Esto significa que el dispositivo de elevación presenta un punto de ataque correspondiente para un destornillador de aire comprimido semejante, en particular que presenta para el accionamiento una cabeza de tornillo usual, por ejemplo una cabeza de tornillo hexagonal con un tamaño de 16 a 32 mm. Además, el dispositivo de elevación está diseñado preferentemente para una velocidad de giro habitual y un par de fuerzas habitual de un destornillador de aire comprimido.

30

Aquí sirve de base la idea de que el accionamiento del dispositivo de elevación, a fin de elevar el pesado encofrado exterior, puede ser costoso y requerir tiempo para un accionamiento manual. Debido a la adaptación a un destornillador de aire comprimido se puede usar uno tal, que con frecuencia está presente en la nave de producción, de manera ventajosa también para el accionamiento del dispositivo de elevación. El coste adicional necesario es por consiguiente bajo. A este respecto, el medio de elevación está distribuido, cuando el dispositivo de desplazamiento

35 presenta varias ruedas o rodillos dispuestos de forma distribuida, de modo que para cada rodillo, cada rueda o cada par de rodillos o cada par de ruedas o cada grupo de rodillos o cada grupo de ruedas está previsto un medio de elevación. Por ejemplo, pueden estar distribuidas tres ruedas sobre el encofrado exterior, para desplazarlas sobre tres carriles, estando previstos tres medios de elevación, a saber en cada rueda uno. Si el encofrado exterior está depositado en primer lugar sobre el suelo de la nave o un fondo de producción para la producción del segmento de

40 torre, éste se puede elevar mediante accionamiento de los tres medios de elevación, de modo que sólo se carga sobre los tres rodillos mencionados y se puede desplazar sobre los tres carriles mencionados de forma proporcionalmente sencilla. El medio separador también está preparado preferentemente para accionarse por un destornillador de aire comprimido. El medio separador, en particular el tornillo de presión, está preparado para ello de manera correspondiente, como el medio de elevación.

45

Según una forma de realización se propone un dispositivo de producción, que presenta carriles para el guiado del dispositivo de desplazamiento del elemento de encofrado exterior arriba descrito, que también se puede designar como encofrado exterior. Preferentemente los carriles de marcha están dispuestos en un suelo, en particular un

50 suelo de la nave. En el suelo está prevista una aplicación de palanca, en particular una escotadura para la aplicación de una o de la palanca, a fin de alejar el encofrado exterior al menos parcialmente del segmento de torre endurecido. Por consiguiente un dispositivo de producción semejante se refiere a una nave de producción o una parte de ella, en la que está previsto un encofrado exterior según la invención. La nave de producción está adaptada en particular con vistas a carriles y punto de aplicación al encofrado exteriores desplazable descrito anteriormente.

55

Por consiguiente el encofrado propuesto supera los problemas de una fabricación actual de los segmentos de

60

hormigón, en la que hasta ahora los elementos de encofrado exterior, en particular semicubiertas cónicas, que forman el encofrado exterior descrito, se han llevado a su posición por una grúa. Ahora se propone que tales encofrados – éstos se pueden referir a semicubiertas, tercios de cubierta, cuartos de cubierta y similares – se puedan desplazar, a saber, en particular se monten sobre un sistema de carriles para deslizarse a su posición para la fabricación de un segmento de hormigón o correrse o apartarse de nuevo después del endurecimiento del mismo.

5 Preferentemente están previstos medios separadores, que presionan dos semicubiertas alejando una de otra y de este modo consiguen soltar primeramente una semicubierta semejante o similares, en particular un encofrado exterior del segmento de torre endurecido. Un medio separador semejante puede actuar de forma similar a un tornillo, presentar un tornillo como medio de presión, a saber como tornillo de presión y convertir un giro en una

10 fuerza axial para la separación de los elementos. Este medio separador también está configurado preferentemente de modo que se puede accionar mediante un destornillador de aire comprimido.

El medio de elevación puede estar diseñado preferentemente de modo que la elevación real del encofrado se realiza mediante uno o varios resortes correspondientemente potentes y la bajada del encofrado a su posición para la

15 producción de una pieza de hormigón se realiza de modo que un actúa un atornillado contra la fuerza de resorte, que comprime así el resorte. Esto también se puede prever preferentemente para el uso con un destornillador de aire comprimido, según se ha explicado arriba. Los resortes correspondientes pueden estar diseñados por consiguiente de modo que sólo sean poco más potentes que lo necesario para la elevación del encofrado en cuestión. Para bajar ahora el encofrado, sólo se necesita tanta fuerza de presión de cuánto más fuerte es el resorte

20 que la fuerza de peso del encofrado. Si el encofrado pesa así, por ejemplo, 10 t y los resortes están diseñados para 11 t, éstos sólo se deben presionar hacia abajo con una fuerza adicional de una tonelada mediante el atornillado mencionado. Sin uso de estos resortes se debería aplicar en lugar de ello mediante atornillado una fuerza de elevación para la elevación completa de 10 t. Las fuerzas necesarias mencionadas se distribuyen naturalmente sobre el número de los medios de elevación.

25 Además, se propone un procedimiento para la producción de un segmento de torre de una torre de hormigón de una instalación de energía eólica. Por lo tanto se realizan paulatinamente las siguientes etapas de producción.

En primer lugar se vierte una masa de hormigón entre un elemento de encofrado interior y un elemento de encofrado exterior, que endurece en la etapa siguiente. Después del endurecimiento se separa el elemento de encofrado exterior de un contracuerpo como otro elemento de encofrado exterior. Para ello se atornillan en particular uno o

30 varios tornillos del un elemento de encofrado exterior contra el contracuerpo para conseguir de este modo esta separación. En particular aquí se trabaja contra una fuerza de adhesión entre el elemento de encofrado exterior correspondiente y el segmento de torre recién vertido y endurecido.

35 Como siguiente se eleva el elemento de encofrado exterior mediante un medio de elevación correspondiente, de modo que éste sólo se carga todavía sobre un dispositivo de desplazamiento dispuesto en el elemento de encofrado exterior. Finalmente el elemento de encofrado exterior así montado se puede retirar en dirección horizontal usando el dispositivo de desplazamiento. Preferentemente la elevación se realiza mediante un medio de elevación, que está

40 conectado de forma fija con el dispositivo de desplazamiento, accionándose el medio de elevación mediante un destornillador automático, en particular un destornillador de aire comprimido, a fin de realizar de este modo la elevación. Preferentemente durante la fabricación de un segmento de hormigón se baja el elemento de encofrado exterior en primer lugar mediante el medio de elevación, en el que se acciona el medio de elevación mediante un destornillador automático.

45 En particular un procedimiento de fabricación semejante usa el encofrado arriba descrito y/o el dispositivo de producción arriba descrito para la fabricación de segmentos de torre usando un encofrado semejante.

Además, se propone una torre de hormigón de una instalación de energía eólica. Ésta comprende varios segmentos

50 de torres superpuestos de diferente tamaño de hormigón, que están producidos de hormigón armado, es decir, presentan un armado de hormigón. La torre está construida así de piezas prefabricadas de hormigón. A este respecto, la forma de la torre de hormigón se selecciona de modo que ésta presenta un contorno exterior, que sigue una función exponencial. Hablando gráficamente una torre de hormigón semejante presenta, si se situase horizontalmente de modo que su cabeza de torre está a la izquierda y su pie de torre a la derecha, un contorno cuya

55 línea superior se corresponde con una función exponencial en su forma habitual general.

En particular la circunferencia U de la torre de hormigón disminuye desde una circunferencia U_0 en la zona inferior de la torre de hormigón – aquí se parte de nuevo de la posición de pie prevista – en particular en el pie de torre por encima de la cimentación, con una altura creciente h con una función exponencial, a saber según la fórmula:

60

$$U = U_0 * e^{-h*c}$$

La variable c se puede usar aquí como factor de ajuste para el ajuste de una extensión o pendiente. Simultáneamente el factor de ajuste c se usa para la normalización del exponente, de modo que el exponente no tiene unidad.

Mediante el uso de este contorno exterior o aumento o disminución de la circunferencia según una función exponencial se produce una torre de piezas prefabricadas de hormigón, que está configurada esencialmente de forma esbelta en su zona superior y simultáneamente crea una base de torre estable, siendo continuas las transiciones. La parte superior esbelta de la torre también tiene importancia en particular en las instalaciones de energía eólica, ya que la torre para la pala de rotor que pasa respectivamente representa una sombra al viento, que se debería mantener tan pequeña como sea posible.

Para construir una torre de hormigón semejante con un contorno según una función exponencial a partir de piezas prefabricadas de hormigón, éstas se deben producir correspondientemente. Los encofrados, que se usan para la producción de segmentos de torre correspondientes, deben estar adaptados correspondientemente, a fin de garantizar la función exponencial mencionada de la torre de hormigón en su totalidad.

La función exponencial también se puede aproximar mediante segmentos de torre en el sentido de una línea poligonal, en particular mediante segmentos con sección de contorno respectivamente recta, es decir, no curvada.

Además, se propone un grupo de torres de hormigón con al menos una primera y una segunda torre de hormigón de una instalación de energía eólica. Cada una de estas torres de hormigón presenta varios segmentos de torre superpuestos de diferente tamaño de hormigón. Un segmento de torre o varios segmentos de torre dispuestos en la misma altura forman un plano de segmentos. En el caso más sencillo, en particular en la zona superior de la torre, el plano de segmentos puede estar formado por un único segmento de torre esencialmente en forma de envolvente troncocónica. En el caso de planos de segmentos mayores, dispuestos en particular más abajo, éstos se componen de varios, como por ejemplo, dos semicubiertas.

A este respecto, el grupo de hormigón presenta dos torres de tamaño diferente, siendo la primera torre mayor que la segunda torre, a saber, presenta más planos de segmentos que la segunda, al menos presenta otro plano de segmentos más que a segunda. A este respecto, se propone que la primera y la segunda torre presenten planos de segmentos con los mismos segmentos de torre pero a diferente altura.

Por consiguiente se propone proponer los mismos planos de segmentos para diferentes torres de hormigón y usar por consiguiente para diferentes torres los mismos segmentos de torre. En particular se propone usar respectivamente torres de hormigón que presenten un contorno exterior descrito como arriba según una función exponencial. Pero referido a la fórmula arriba mencionada esto significa que la circunferencia U_0 en el pie de torre para torres de diferente tamaño también tiene un tamaño diferente. Preferentemente las torres se igualan en sus zonas superiores. Expresado de forma simplificada, la torre de hormigón más grande se corresponde con la torre de hormigón más pequeña, poniéndose todavía algunos segmentos de torre por debajo de esta torre de hormigón más pequeña. La construcción real de una torre de hormigón se realiza naturalmente de otro modo y manera, a saber, sucesivamente desde la cimentación, es decir, desde el pie de torre.

Si el grupo de torres de hormigón comprende, por ejemplo, una primera torre de hormigón con 20 planos de segmentos y una segunda torre de hormigón con 10 planos de segmentos, constituyendo respectivamente el primer plano de segmentos el segmento más superior y el vigésimo plano de segmentos de la torre grande o el décimo plano de segmentos de la torre pequeña el plano de segmentos más inferior, para esta constelación a modo de ejemplo se propone que el primer al décimo plano de segmentos de la torre grande y de la torre pequeña tengan el mismo tamaño. La torre grande puede recurrir así para su construcción para el primer hasta décimo plano a la construcción de la torre pequeña. A este respecto deben ser eventualmente diferentes algunos detalles. En particular el plano 10 de la torre pequeña debería presentar una abertura para una puerta, que no se debe prever en el décimo plano de la torre.

Para la producción sólo se deben producir y proporcionar por consiguientes segmentos de torre para en conjunto 20 planos de segmentos diferentes, en lugar de para 30 planos de segmentos diferentes. Si se debe complementar otra torre media, que presenta por ejemplo 15 planos de segmentos, entonces no se debe prever ningún segmento de torre con nuevo tamaño. Para estas tres torres de hormigón diferentes, mencionadas a modo de ejemplo, se deben proporcionar sólo segmentos de torre para 20 planos de segmentos de torre diferentes, en lugar de para 45 planos de segmentos.

De forma especialmente ventajosa esto repercute en las torres de hormigón con un contorno de torre en forma de función exponencial. Aquí la gran torre de la instalación de energía eólica en forma de función exponencial presenta en su zona superior una forma de función exponencial, que se corresponde con la de una torre más pequeña. A este respecto, la gran torre constituye un contorno total en forma de función exponencial, sin transiciones en forma de pliegues o discontinuas de otro modo. La forma de función exponencial posibilita la estructura modular descrita de las torres de tamaños diferentes.

Además, se propone un parque eólico que comprende una torre de hormigón o un grupo de torres de hormigón con torres de hormigón. A este respecto, bajo un parque eólico se debe entender una disposición de varias instalaciones de energía eólica, que presentan respectivamente una torre de hormigón y que están sometidas a un control global común y/o usan un punto de conexión común para la alimentación de energía eléctrica en la red eléctrica.

Además, se propone un procedimiento para la fabricación de torres de hormigón de instalaciones de energía eólica. Por lo tanto se consideran torres de hormigón con varios segmentos de torre superpuestos de tamaño diferente. El procedimiento se refiere así a la fabricación de torres de hormigón a partir de piezas prefabricadas de hormigón.

En primer lugar los segmentos de torre de hormigón armado se producen en 1 a k tamaños diferentes. k es un número entero positivo mayor de 2, fabricándose para cada tamaño de 1 a k respectivamente al menos un segmento de torre. Así también se pueden usar para los mismos planos varios segmentos de torre, como por ejemplo dos semicubiertas.

A partir de los segmentos de torre así fabricados se seleccionan luego varios segmentos de torres para la construcción de una torre de hormigón, dependiendo la selección del tamaño de la torre de hormigón a construir. Para la construcción de una torre de hormigón de un primer tamaño se usa al menos un segmento de torre de cada uno de los tamaños 1 a k. Para la construcción de una torre de hormigón de un segundo tamaño se usa al menos un segmento de torre de cada uno de los tamaños 1 a j. La variable j es un número entero mayor de 1 y menor que k. A este respecto, la torre de hormigón del segundo tamaño es menor que la torre de hormigón del primer tamaño, y la torre de hormigón más pequeña usa menos segmentos de torre para su construcción que la torre de hormigón mayor. Finalmente la torre correspondiente se construye usando los segmentos de torre seleccionados.

En otras palabras, el procedimiento propone seleccionar durante la construcción de la torre los segmentos de torre necesarios sólo según su tamaño y a este respecto usarse para torres grandes y pequeñas los mismos segmentos de torre. Los segmentos de torre de los tamaños 1 a j están previstos por consiguiente para la torre grande y la pequeña. La torre grande sólo necesita adicionalmente los segmentos de torre de los tamaños j+1 hasta k o el tamaño k cuando j+1 es idéntico a k.

Preferentemente los segmentos de torre de los tamaños 1 a j para la construcción de la segunda torre más pequeña son idénticos a los segmentos de torre de los tamaños 1 a j para la construcción de la primera torre de hormigón mayor.

Por consiguiente es favorable que para la construcción de la torre de hormigón del primer tamaño se usen los mismos segmentos de torre que para la construcción de la torre de hormigón del segundo tamaño y adicionalmente otros segmentos para la construcción de la torre de hormigón del primer tamaño. A este respecto se usan los mismos segmentos de torres para una zona de torre superior y los otros segmentos de torre, que no se usan en la más pequeña, para una zona de torre baja, que está dispuesta correspondientemente por debajo de la zona de torre superior.

Preferentemente se construyen torres de hormigón, según se describen arriba, o torres de hormigón para grupos de hormigón, según se describen arriba, o torres de hormigón para un parque eólico arriba descrito.

Además, se propone un segmento de torre para la construcción de una torre de hormigón de una instalación de energía eólica, que está preparado para la construcción de una torre de hormigón arriba descrita o de un grupo de torres de hormigón arriba descritas. En particular que el segmento de torre esté adaptado correspondientemente a la forma de la torre a construir, para formar en el estado construido de la torre una sección parcial de ella.

Se propone un anclaje de fijación para el aseguramiento de un segmento de torre de una torre de hormigón a construir de una instalación de energía eólica durante el transporte del segmento de torre sobre un remolque de plataforma baja. Este anclaje de fijación presenta una sección de anclaje a hormigonar en el segmento de torre. A través de ella se deben introducir luego las solicitaciones a tracción en el segmento de torre. Además, está prevista

una zona de vástago oblonga, en particular cilíndrica, conectada de forma fija con la sección de anclaje. Esta zona de vástago está preparada para el hormigonado en el segmento de torre, de modo que un lado de conexión opuesto a la sección de anclaje termina con un lado exterior del segmento de torre. La zona de vástago presenta una rosca interior para el enroscado de un ojal de conexión para la fijación de un grillete. Además o alternativamente la zona de anclaje presenta una sección aumentada en relación a la zona de vástago, para tener una sujeción fija en el segmento de torre y transmitir las solicitaciones a tracción al segmento de torre.

Este anclaje de fijación está preparado para hormigonarse de forma fija en el segmento de torre en particular en una pared del segmento de torre, siendo accesible desde fuera sólo una abertura, en particular para enroscarse allí otro medio de fijación. Así se pueden enroscar un ojal de fijación allí y en él – por ejemplo mediante grilletes – amarrarse el segmento de torre de forma fija sobre un remolque de plataforma baja.

Preferentemente el anclaje de fijación está hecho de acero, para poder absorber una solicitación lo más elevada posible.

Además, se propone un segmento de torre para la construcción de una torre de hormigón de una instalación de energía eólica. Este está caracterizado por al menos un anclaje empotrado en una pared del segmento de torre o conducido a través de la pared, a fin de fijar, en particular amarrar, el segmento de torre durante un transporte sobre un remolque de plataforma baja con la ayuda del anclaje de fijación, presentando el anclaje de fijación una rosca interior accesible desde fuera, para el enroscado de un ojal de conexión para la fijación de un grillete.

Un segmento de torre semejante usa en particular un anclaje de fijación descrito como arriba y por consiguiente se puede amarrar ventajosamente durante el transporte sobre un remolque de plataforma baja. Esta posibilidad de fijación mediante una rosca interior del anclaje de fijación posibilita un amarre dirigido sobre un remolque de plataforma baja. Las cintas de amarre o cables de amarre correspondientes sólo se deben fijar en el anclaje de fijación y en el remolque de plataforma baja. Según la posición del anclaje de fijación en el segmento de torre se pueden usar correas de amarre o similares. El anclaje de fijación crea además un punto de aplicación claramente definido, que no se puede correr. Además, un ojal de conexión descrito se puede desenroscar después del transporte fácilmente del segmento de torre, a saber el anclaje de fijación y luego no obstaculiza la construcción posterior de la torre de hormigón. Si se desea, la abertura restante del anclaje de fijación en el lado exterior del segmento se puede cerrar por un tapón ciego.

Preferentemente se hormigona un anclaje de fijación semejante durante la producción del segmento de torre en cuestión. Si no tiene lugar un hormigonado semejante, mediante una perforación efectuada posteriormente se puede conducir un anclaje de fijación adaptado a este orificio parcialmente a través de la pared de segmento y usarse para la fijación y para el amarre durante el transporte.

Ventajosamente el anclaje de fijación presenta una zona de vástago oblonga, en particular cilíndrica, que está provista en un lado con una zona de anclaje y en otra zona con una abertura para una rosca interior. La zona de vástago se hormigona ventajosamente en el segmento de torre, de modo que con un lado termina con una superficie del segmento de torre, de modo que el ojal de conexión se puede enroscar desde fuera en la rosca interior.

Para garantizar una sujeción segura del anclaje de torre en el hormigón, éste presenta una zona de anclaje que está claramente aumentada en relación a la zona de vástago. Esta zona de anclaje está completamente hormigonada en el segmento de torre para transmitir de este modo las solicitaciones, que pueden aparecer durante el amarre, al segmento de torre.

Además, se propone un dispositivo de aseguramiento. Un dispositivo de aseguramiento semejante comprende un anclaje de fijación, según se describe arriba, un tornillo de conexión para el enroscado en la rosca interior del anclaje de fijación, presentando este tornillo de conexión una sección de fijación para el fijado de un grillete en ella, como por ejemplo un ojal, y opcionalmente está previsto un grillete semejante para la fijación en el tornillo de conexión como parte del dispositivo de aseguramiento. Además, de manera sencilla se puede prever un amarre seguro del segmento de torre mediante un dispositivo de aseguramiento semejante – o varios – sobre un remolque de plataforma baja.

Preferentemente el tornillo de conexión presenta un borde de apoyo para el apoyo del tornillo de conexión en el estado enroscado sobre o contra una pared de segmento del segmento de torre. Si el anclaje de fijación está hormigonado en el segmento de torre, de modo que sólo una abertura de rosca de una rosca interior termina con una superficie del segmento de torre en cuestión, entonces aquí se puede atornillar el tornillo de conexión con borde de apoyo, hasta que aprieta su borde de apoyo contra esta pared del segmento de torre. De este modo se consigue

una conexión fija y segura frente al vuelco del tornillo de conexión con el segmento de torre. La rosca interior, en la que está enroscado el tornillo, crea una sollicitación a tracción e impide que el tornillo se suelte del segmento de torre. El borde de apoyo impide a este respecto un movimiento de vuelco del tornillo de conexión. Esto es ventajoso en particular para un amarre que no discurre en la dirección axial del tornillo de conexión o de la rosca interior, sino de forma oblicua o incluso perpendicular a ella.

Opcionalmente está previsto un disco de tope para la disposición entre el borde de apoyo y la pared de segmento. Este disco de tope puede estar fabricado, por ejemplo, de un material plástico, a fin de absorber eventualmente las elasticidades y/o para compensar ligeras inexactitudes superficiales de la pared de segmento.

Además, se propone un procedimiento para la producción de un segmento de torre. Esto se refiere a un segmento de torre para la construcción de una torre de hormigón de una instalación de energía eólica. En primer lugar se proporciona un encofrado para el vertido del segmento de torre como pieza prefabricada de hormigón. Luego o al mismo tiempo se dispone y fija un anclaje de fijación descrito como arriba en una posición deseada, de modo que durante el echado del hormigón en el encofrado puede conservar su posición. A continuación se echa el hormigón en el encofrado, de modo que se origina el segmento de torre y se echa el anclaje de fijación en la posición predeterminada.

Por consiguiente en particular se fabrica un segmento de torre descrito como arriba con un anclaje de fijación empotrado.

Los segmentos de torre descritos se pueden combinar en el sentido de que se pueden usar las características que se han explicado en otro contexto, siempre y cuando esto no sea contradictorio técnicamente. Lo mismo es válido para las torres de hormigón descritas. En éstas también se pueden combinar básicamente todas las características descritas, siempre y cuando esto no sea contradictorio técnicamente.

Por ejemplo, un segmento de torre, que está previsto para la construcción de una torre de hormigón con un contorno en forma de función exponencial, puede presentar un anclaje de fijación u otro medio auxiliar de aseguramiento del transporte, según se ha descrito en otro punto.

A continuación se describe la invención a modo de ejemplo mediante ejemplos en referencia a las figuras adjuntas.

La figura 1 muestra una instalación de energía eólica en una vista en perspectiva.

La figura 2 muestra un encofrado para un segmento de torre en una representación en perspectiva.

La figura 3 muestra un fragmento de un encofrado desplazable con un sistema de palanca y una parte de un dispositivo de desplazamiento en una vista en perspectiva.

La figura 4 muestra un detalle de un encofrado desplazable, inclusive una parte de un medio de elevación y de un medio separador para la separación de dos encofrados en forma de semicubierta uno de otro.

La figura 5 muestra esquemáticamente un dispositivo de aseguramiento para el aseguramiento de un segmento de torre durante un transporte a su disposición prevista en una vista lateral parcialmente cortada.

La figura 6 muestra un anclaje de fijación esquemáticamente en una vista en perspectiva.

La figura 7 muestra un ojal de conexión con un grillete engrilletado en una vista en planta.

La figura 8 muestra esquemáticamente en una vista lateral un segmento de torre fijado mediante dos dispositivos de aseguramiento sobre un remolque de plataforma baja.

La figura 9 muestra una vista en planta respecto a la representación de la figura 8.

A continuación se explican a modo de ejemplo algunos aspectos de la presente invención mediante ejemplos de realización. A continuación se pueden usar las mismas referencias para características similares pero eventualmente no idénticas. Pero en cualquier caso las mismas referencias designan características iguales funcionalmente.

La figura 2 muestra un encofrado 1 que está preparado para la producción de un segmento de torre de una forma aproximadamente en forma de envolvente troncocónica. Alternativamente también se podrían fabricar básicamente,

por ejemplo, dos semicubiertas que ensambladas tengan una forma aproximadamente en forma de envolvente troncocónica. Para ello el encofrado presenta un elemento de encofrado interior así como dos elementos de encofrado exterior 2 en forma de semicubierta. Los dos elementos de encofrado exterior 2 están ensamblados de forma fija en dos bordes de contacto 4 y producen conjuntamente una envolvente troncocónica que rodea el
 5 segmento de torre o el segmento de torre a producir. En los bordes de contacto 4 estos dos elementos de encofrado exterior configurados como semicubierta están conectados entre sí de forma fija mediante tornillos de conexión. Entre estos dos elementos de encofrado exterior 2 así conectados y un elemento de encofrado interior no a reconocer en la figura 2 se forma un intersticio anular en el que se puede introducir el hormigón líquido para la fabricación de un segmento de torre. A este respecto, la figura 2 muestra una estructura totalmente general de un
 10 encofrado 1 semejante, que también se puede usar sin características según la invención.

La figura 3 muestra un fragmento de un elemento de encofrado exterior 2, que está provisto de un dispositivo de desplazamiento. Este dispositivo de desplazamiento comprende varios bloques rodantes 8, de los que está representado uno en la figura 3. Este bloque rodante 8 presenta una rueda 10, que sobresale hacia abajo del bloque
 15 rodante y puede rodar sobre el suelo de la nave 12 mostrado para posibilitar de este modo un movimiento o desplazamiento del elemento de encofrado exterior 2.

La rueda 10 está montada de forma móvil en el bloque rodante 8 y se presiona mediante un resorte hacia abajo más allá del bloque rodante 8 a la posición mostrada. Mediante un elemento de accionamiento, a saber un tornillo de accionamiento 14, se puede arrastrar hacia dentro la rueda 10 en el bloque rodante contra una fuerza de resorte de dicho resorte. De este modo se baja el elemento de encofrado exterior 2, que está fijado en este bloque rodante 8. El tornillo de accionamiento 14 está adaptado respecto a su forma, tamaño y accesibilidad para un accionamiento mediante un destornillador de aire a presión. Una bajada o también nueva subida se puede realizar por consiguiente de manera sencilla mediante un destornillador de aire comprimido o destornillador de aire a presión. El bloque
 20 rodante 8 forma por consiguiente un medio de elevación, con el que se puede elevar o bajar el elemento de encofrado exterior 2, y que está combinado con una rueda 10 para el desplazamiento del elemento de encofrado exterior 2. Esto es sólo un ejemplo para una combinación de un medio de elevación con una rueda o un rodillo.

La figura 3 muestra además un medio de elevación 16, que se compone esencialmente de una barra de palanca 18.
 30 La barra de palanca 18 está conectada de forma móvil en su zona inferior en una articulación de conexión 20 a través de una barra de tracción 22 con el elemento de encofrado exterior 2.

Además, está dispuesto un carril de aplicación de palanca 24 en el suelo de la nave 12. El carril de aplicación de palanca 24 forma una ayuda de apoyo. En estos puntos de aplicación de palanca 26 se puede aplicar la barra de palanca 18 con una sección de aplicación 28 dispuesta por debajo. Al tirar en la zona de asido 30 dispuesta arriba en la barra de palanca se puede retraer el elemento de encofrado exterior 2, a saber, según la representación de la figura 3 hacia la derecha, para liberar de este modo un segmento de hormigón endurecido. El carril de aplicación de palanca 24 puede estar configurado de forma móvil, a fin de usarse en distintos elementos de encofrado exterior 2.

La figura 4 muestra otro fragmento del elemento de encofrado exterior 2 de la figura 3. En este fragmento se puede reconocer otro bloque rodante 8 con otro tornillo de accionamiento 14. Este bloque rodante 8 también presenta una rueda, que sobresale hacia abajo del bloque rodante 8 y por consiguiente porta el elemento de encofrado exterior 2 a la altura mostrada sobre el suelo de la nave 12. La rueda 10 no se puede reconocer aquí debido a la perspectiva seleccionada. Pero la figura 4 muestra un carril de rodadura 32, que guía el bloque rodante 8 con su rueda que sobresale hacia abajo. El carril de rodadura 32 también se puede designar como carril de marcha.
 45

En la figura 4 todavía está una parte de un segmento de torre 34 producido así como un fondo de molde 36, con el que conjuntamente dos elementos de encofrado exterior 2 y un elemento de encofrado interior forman un molde de hormigón para la producción del segmento de torre mostrado. La figura 4 muestra una posición abierta, en la que el
 50 elemento de encofrado exterior 2 se ha apartado ya del segmento de torre 34 a fin de liberar el segmento de torre 34.

La figura 4 muestra además en el elemento de encofrado exterior 2 un medio separador 38, que también se puede designar como elemento separador. En el estado cerrado, cuando el hormigón se puede verter en un molde semejante o puede endurecer en él, el elemento de encofrado exterior 2 está conectado según la figura 4 con otro elemento de encofrado exterior 2 en su borde de contacto 4, según se puede reconocer esto en la figura 2. El medio separador 38 está previsto para realizar o facilitar la separación de dos elementos de encofrado exterior 2. Este medio separador 38 presenta una sección de fijación y guiado 40 con la que está conectado el elemento separador de forma fija en el elemento de encofrado exterior 2. En la sección de fijación y guiado 40 está previsto un tornillo de presión 42 como otro elemento del medio separador 38. Respecto a este tornillo de presión 42, el otro elemento de
 60

- encofrado exterior no representado en la figura 4 presenta en la zona de su borde de contacto una zona de presión contra la que se atornilla el tornillo de presión 42. Si el tornillo 42 se atornilla contra esta zona de presión – lo que según la figura 4 se corresponde con un atornillado hacia la izquierda – así de se separan presionando de este modo los dos elementos de encofrado exterior 2. El tornillo de presión 42 está preparado para accionarse con un destornillador de aire comprimido o aire a presión. La forma hexagonal de la cabeza de tornillo 44 del tornillo de presión 42 se corresponde en su tamaño y tipo con el tornillo de accionamiento 14 del bloque rodante 8. Tanto el tornillo de accionamiento 14 como también el tornillo de presión 42 se puede accionar por consiguiente mediante una y la misma herramienta de modo y manera sencillos.
- 5
- 10 Un elemento de encofrado exterior, como el elemento de encofrado exterior 2, se puede desplazar por consiguiente de modo y manera eficientes, en tanto que están previstos rodillos o ruedas para el desplazamiento y/o están previstos elementos separadores, como el elemento separador 38, para la separación de dos elementos de encofrado exterior y/o está previsto un medio de elevación, como el bloque rodante 8, para la elevación y bajada del elemento de encofrado exterior y/o están previsto medios de elevación, como la barra de palanca 18 con su barra de tracción 22 y el carril de aplicación de palanca 24.
- 15

La figura 5 muestra el dispositivo de aseguramiento 50 para el aseguramiento de un segmento de torre durante el transporte, con un anclaje de fijación 52 con una zona de vástago 54 y una zona de anclaje 56. Además, el dispositivo de aseguramiento 50 comprende un ojal de conexión 58, que está enroscado en una rosca interior 60 de la zona de vástago 54 del anclaje de fijación 52. En el ojal de conexión 58 está engrilletado un grillete de conexión 62. La figura 5 muestra el dispositivo de aseguramiento 50 en una vista lateral parcialmente cortada, estando empotrado el anclaje de fijación 52 en la pared de un segmento de torre 64. El ojal de conexión 58 está fijado de este modo de forma segura a tracción y vuelco en la pared 64 del segmento de torre, y a través del grillete 62 se puede efectuar un amarre del segmento de torre.

20

25

La figura 6 muestra el anclaje de fijación 52 en una representación esquemática y en perspectiva. La zona de anclaje 56 está configurada aquí como pie rectangular y soldada con la zona de vástago 54. La zona de vástago 54 está configurada hueca y presenta en su sección superior según la figura 6 una rosca interior 60, en la que se puede enroscar un ojal de conexión o tornillo de conexión. Después de realizar un transporte se puede soltar un amarre eventual y desenroscar el ojal de conexión del anclaje de fijación 52. Para evitar una penetración de humedad u otros cuerpos extraños se puede enroscar entonces un tapón ciego en la rosca interior 60 o insertarse de otra manera en la zona de vástago 54 en la zona de la rosca interior 60. Preferentemente un tapón ciego semejante está fabricado de plástico, en particular como pieza de moldeo por inyección de plástico.

30

La figura 7 muestra en una vista en planta y una representación ampliada el ojal de conexión 58 con disco de tope 66 y grillete de conexión 62 engrilletado. El ojal de conexión 58, que en general también se puede designar como tornillo de conexión, presenta una sección de tornillo 70 para el enroscado en la rosca interior 60 del anclaje de fijación 52. El grillete 62 está fijado en el ojal de conexión 58 mediante un tornillo de fijación 72 y está fijado y asegurado mediante la tuerca 74 y el pasador de aseguramiento 76. Básicamente el grillete 62 también puede estar previsto como parte de un dispositivo de amarre, p. ej. como parte de cadenas de amarre o correas de amarre, a fin de fijarse entonces para la preparación de un amarre mediante el tornillo de fijación 72 en el ojal de conexión 58.

35

40

Las figuras 8 y 9 muestran esquemáticamente un segmento de torre 80 amarrado mediante cadenas de amarre 78. En este caso un anclaje de fijación 52 está empotrado en la pared de torre 64 del segmento de torre 80. A través de respectivamente un ojal de conexión 58 y un grillete de conexión 62 están conectadas las cadenas de amarre 78 con el segmento de torre 80 y simultáneamente están conectadas con el apoyo 82. El apoyo 82 sólo está representado esquemáticamente y puede representar, por ejemplo, una superficie de apoyo de un remolque de plataforma baja.

45

Por consiguiente se produce una posibilidad de fijación y en particular amarre sencilla y eficiente para el segmento de torre 80 durante el transporte. Un amarre, en el que se ponga una correa de amarre sobre el borde superior 84 del segmento de torre 80, oculta un elevado peligro de corrimiento, lo que se puede evitar mediante la solución mostrada. En esta solución, de modo y manera sencillos se integra el anclaje de fijación 52 durante la fabricación del segmento de torre 80, es decir, durante el vertido del mismo. Esto también puede ocurrir de modo y manera sencillos en tanto que el anclaje de fijación 52 se dispone de forma fija durante el vertido del segmento de torre de hormigón 80 en la posición deseada en el molde de hormigón o encofrado de hormigón en cuestión.

50

55

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de un segmento de torre (34) de una torre de hormigón de una instalación de energía eólica como pieza prefabricada de hormigón, que comprende las etapas:
- 5
- facilitación de un molde de segmento que presenta al menos un encofrado (2) para la especificación de una forma del segmento de torre a fabricar y para el llenado con hormigón,
 - llenado del molde de segmento con hormigón, de modo que durante un endurecimiento subsiguiente del hormigón se origina el segmento de torre (34),
- 10
- y **caracterizado por** las etapas:
- medición del segmento de torre (34) así endurecido para la elaboración de un modelo real virtual tridimensional de este segmento de torre (34),
- 15
- confección de este modelo real tridimensional,
 - comparación del modelo real tridimensional con una forma predeterminada, en particular con un modelo teórico virtual tridimensional depositado y determinación de una desviación entre los dos modelos virtuales y
 - modificación del molde de segmento, en particular del al menos un encofrado (2) cuando la desviación sobrepasa un primer valor límite predeterminado.
- 20
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** para la medición del segmento de torre (34) se usa un medidor láser.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la medición del segmento de torre
- 25 (34) se realiza con una exactitud de 5 mm o superior, en particular 2 mm o superior y más preferiblemente con 1 mm o superior y/o el primer valor límite predeterminado es de 10 mm o menos, en particular 5 mm o menos y más preferiblemente 2 mm o menos.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** como primer valor
- 30 límite predeterminado se predetermina una desviación máxima de una sección horizontal del segmento real, referido a la orientación prevista del segmento de torre (34), de un círculo o segmento circular.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el segmento de torre (34) fabricado y medido se trata como desecho cuando la desviación entre el modelo virtual y la forma
- 35 predeterminada sobrepasa un segundo valor límite predeterminado, siendo el segundo valor límite predeterminado mayor que el primer valor límite predeterminado.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que en función de la desviación determinada se calcula un valor de corrección para la modificación del molde de segmento o para la modificación al
- 40 menos de unos encofrados (2) que forman el molde de segmento.

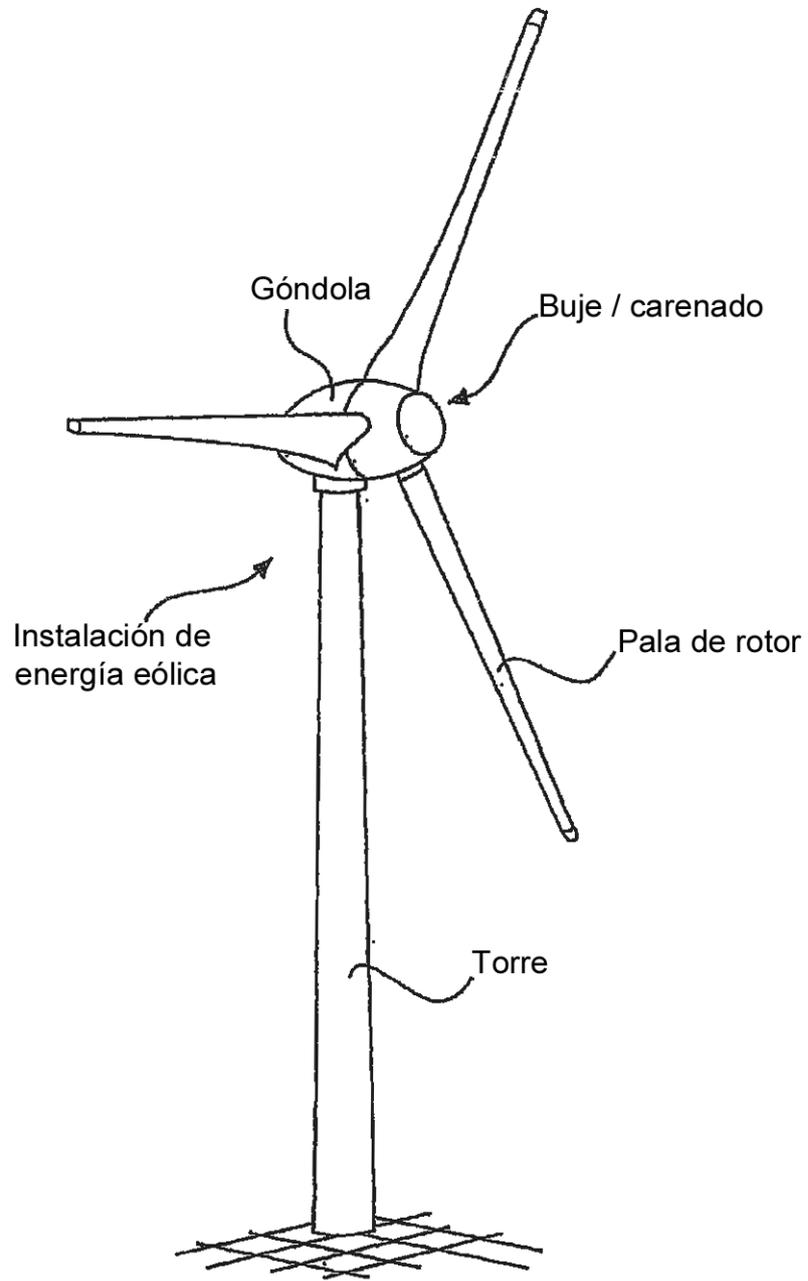


Fig. 1

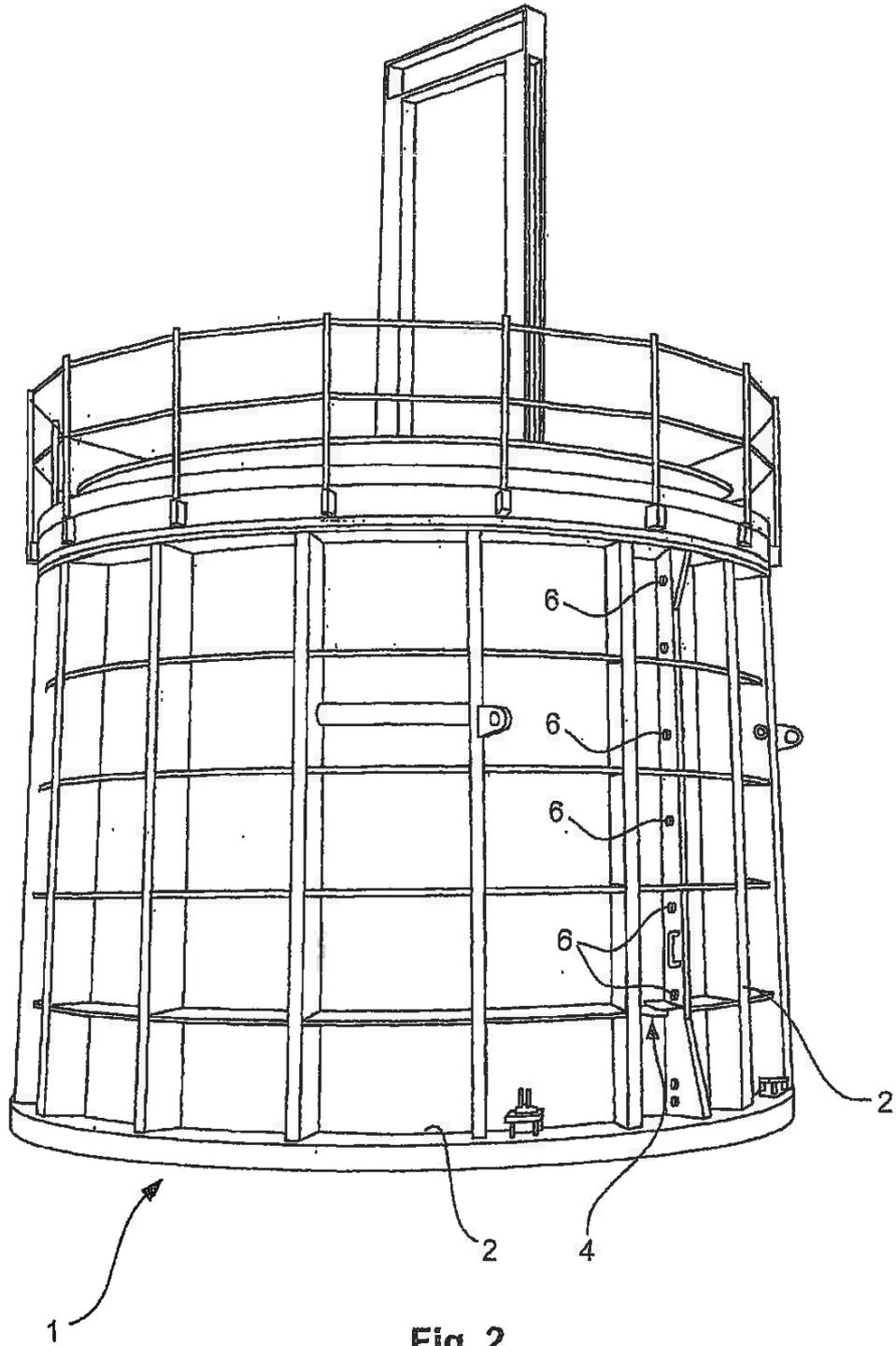


Fig. 2

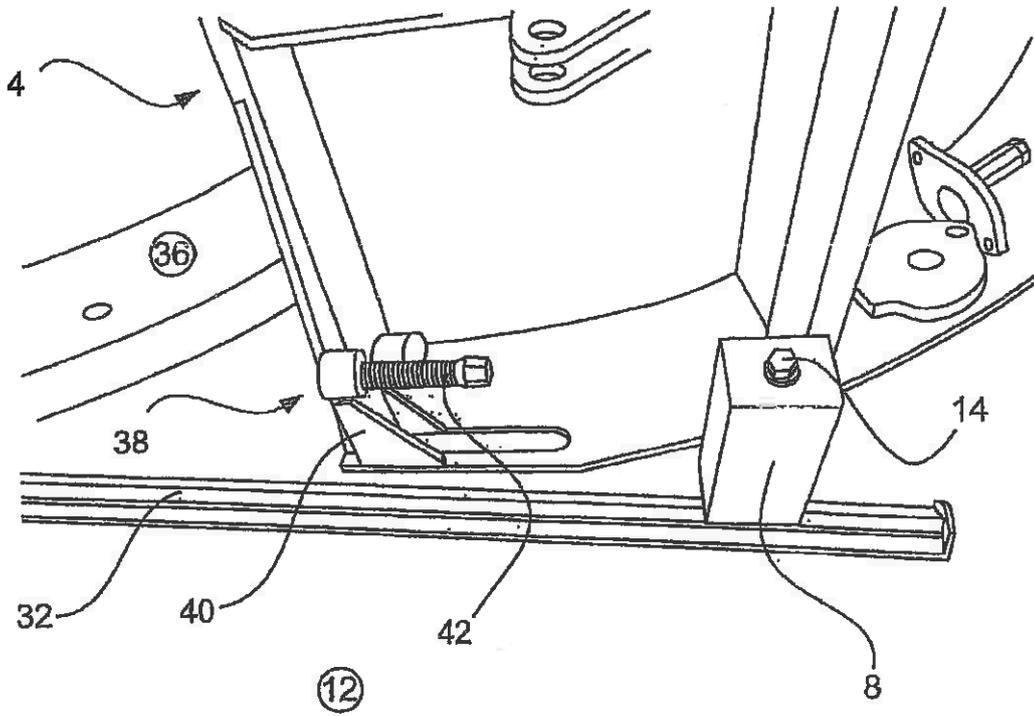


Fig. 4

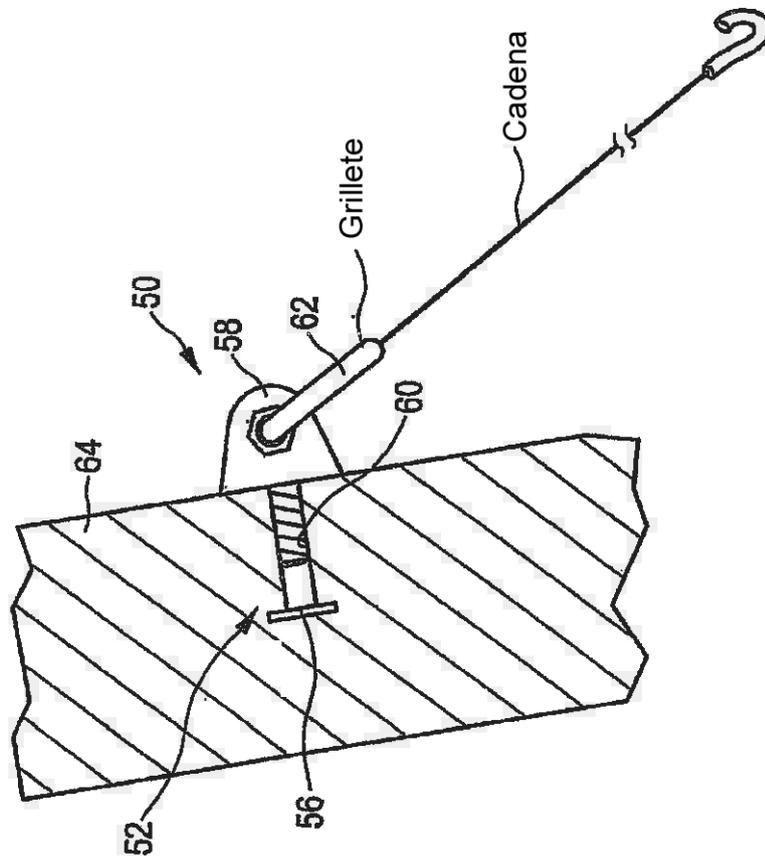


FIG. 5

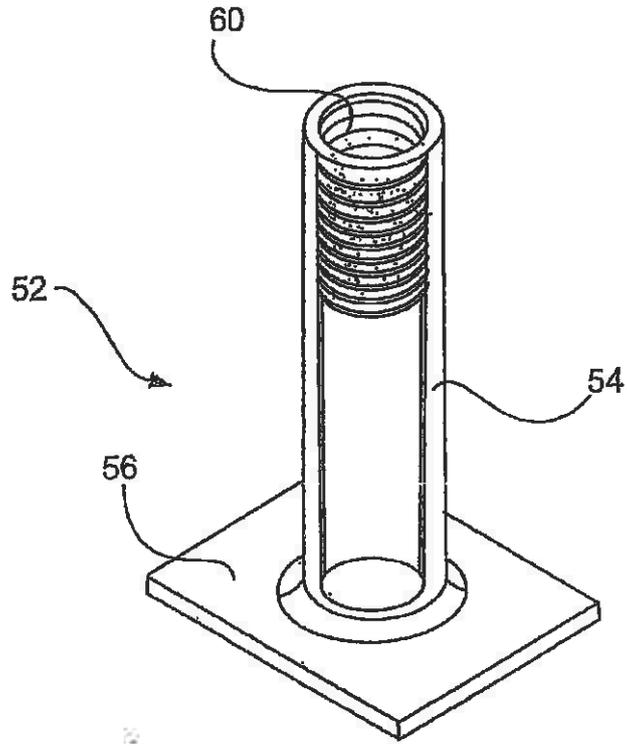


Fig. 6

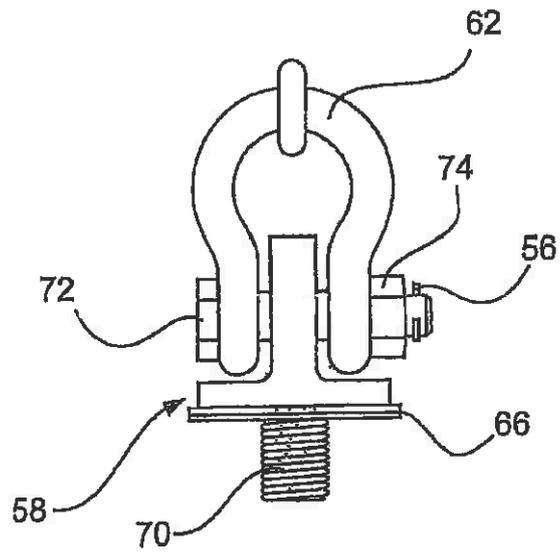


Fig. 7

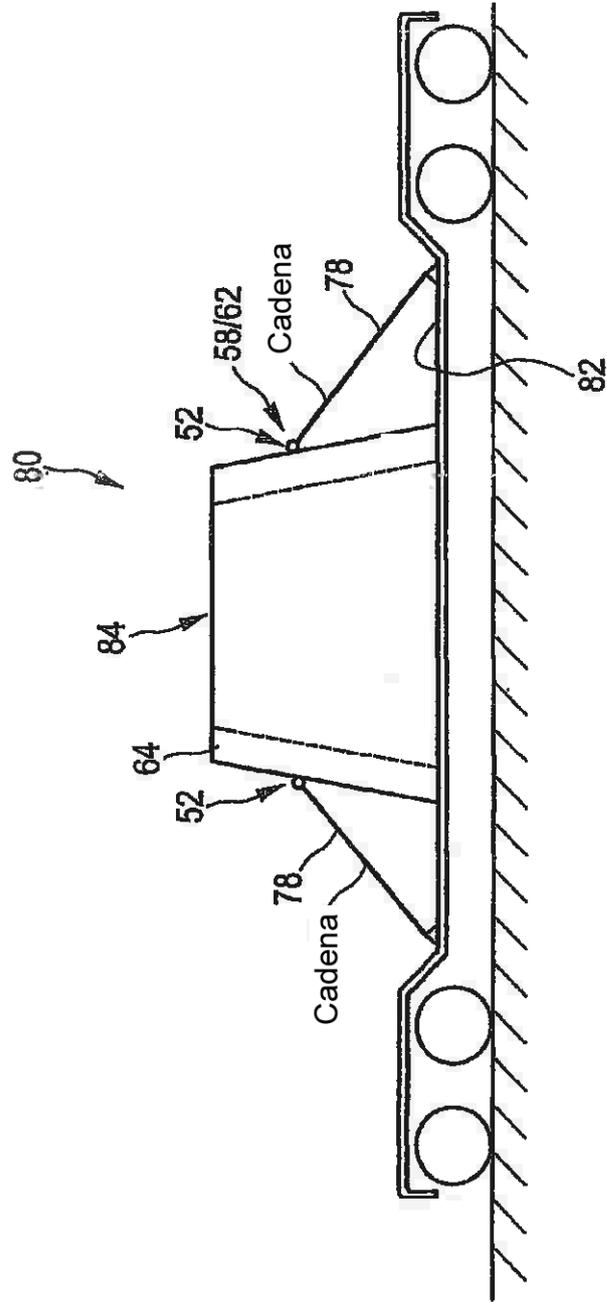


FIG. 8

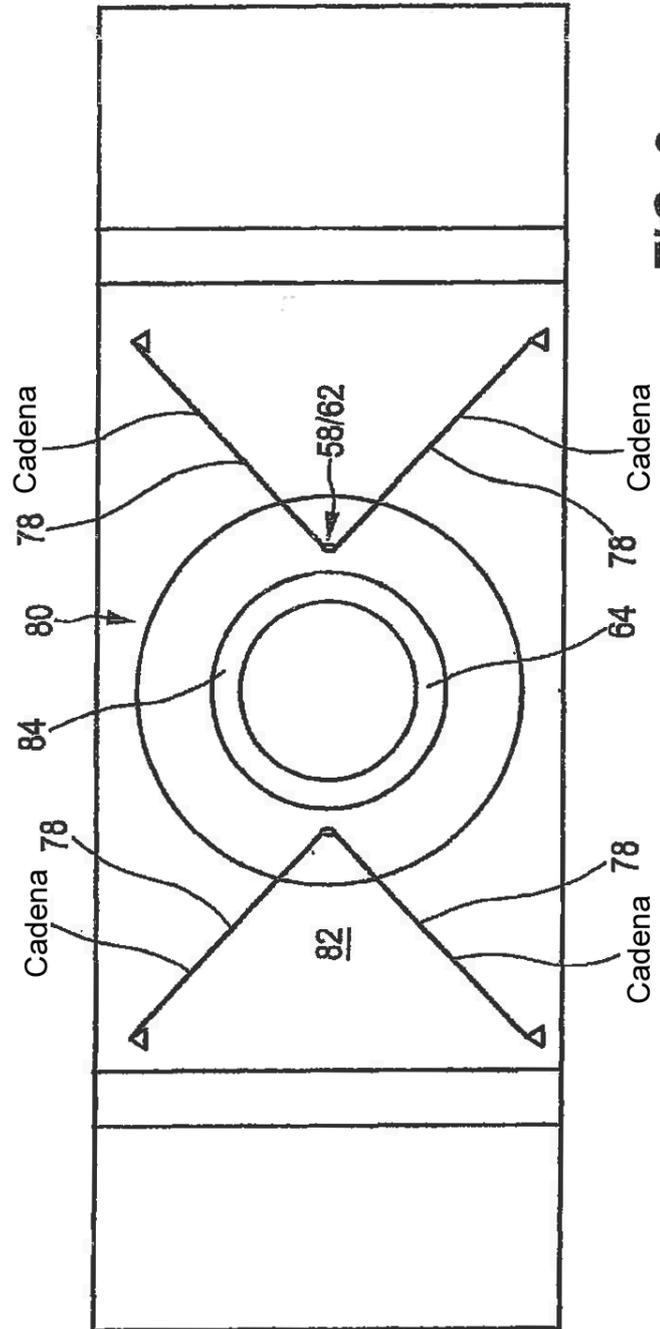


FIG. 9