

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 863 051**

51 Int. Cl.:

E04H 12/12 (2006.01)

E04H 12/16 (2006.01)

E04H 12/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.09.2015** **PCT/EP2015/072179**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2016** **WO16066345**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2015** **E 15777898 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2020** **EP 3212863**

54 Título: **Método de instalación de una torre hueca de hormigón formada por más de un segmento**

30 Prioridad:

30.10.2014 EP 14382427

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

08.10.2021

73 Titular/es:

BYO TOWERS, S.L. (100.0%)
Calle Gran Vía, 63, Planta 3, Puerta Iz
28013 Madrid, ES

72 Inventor/es:

DÍEZ CORNEJO, ALFONSO

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 863 051 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

Método de instalación de una torre hueca de hormigón formada por más de un segmento

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método de instalación de una torre hueca de hormigón formada por más de un segmento y a una correspondiente torre hueca de hormigón. Más concretamente, la presente invención se refiere a un método de instalación de una torre hueca de hormigón especialmente adecuado para la implementación sucesiva de dicho método un cierto número de veces con el fin de instalar una pluralidad de torres huecas de hormigón de grandes dimensiones en un área geográfica especificada. Por consiguiente, la presente invención se refiere a un método especialmente adecuado para instalar una pluralidad de torres huecas de hormigón destinadas a sustentar respectivas turbinas eólicas de uso industrial (o torres de turbinas eólicas industriales de hormigón) para un parque eólico. En la presente memoria descriptiva se hará referencia continuadamente a tal aplicación específica de la presente invención, sin que ello suponga una limitación del alcance de la misma.

Por lo tanto, la presente invención está dirigida principalmente a la industria de la construcción, especialmente en hormigón, en combinación con la industria de las energías renovables o verdes, concretamente la energía eólica.

Antecedentes de la invención

En el momento actual, se conocen diversos sistemas para la instalación de torres huecas de hormigón. Tales sistemas de instalación se diferencian principalmente en los procesos que se realizan desde que se produce el vertido del hormigón para hacer la propia torre, hasta que la torre tiene la forma y resistencia necesarias para proceder a la colocación de la turbina eólica.

Previamente a la instalación de una torre hueca de hormigón, es necesario instalar unos correspondientes cimientos. La instalación de cimientos puede ser complementada en un mismo proceso con una etapa propia de la instalación de la torre, concretamente una etapa de montaje de un segmento de base directamente en el emplazamiento, sobre los cimientos (véase, por ejemplo, el documento DE 102009058124 A1). La presente invención se refiere a un método de instalación de una torre hueca de hormigón, y no incluye etapas relativas a la instalación de los correspondientes cimientos.

Para mayor facilidad de comprensión, se definen los siguientes conceptos para el contexto de la presente memoria descriptiva:

- Emplazamiento: Es la superficie de suelo que ocupará la proyección vertical del eje de una torre hueca de hormigón una vez instalada. El emplazamiento define por lo tanto un eje de emplazamiento, sustancialmente vertical, a lo largo del cual se desarrolla el eje de la correspondiente torre hueca de hormigón.

- Plataforma: Es la zona de trabajo que se localiza inmediatamente al lado del emplazamiento o alrededor del mismo, excluyendo el propio emplazamiento, y en la que se realizan distintas actividades destinadas a la instalación de la torre hueca de hormigón.

- Pieza: Es cada uno de los elementos que integran el eje de una torre hueca de hormigón. Dadas las gigantescas dimensiones que llegan a tener en la actualidad las torres huecas de hormigón, estas se forman habitualmente a partir de una pluralidad de piezas.

- Segmento: Es una pieza o un grupo de piezas que forma una sección transversal horizontal completa del eje de una torre hueca de hormigón pero solo una parte de la altura de la misma. Cuando se instala, cada segmento tiene por lo tanto un eje de segmento, sustancialmente vertical, que es coaxial con el eje de emplazamiento. Dadas las gigantescas dimensiones que llegan a tener en la actualidad las torres huecas de hormigón, estos segmentos se forman habitualmente a partir de una pluralidad de piezas. De los segmentos que constituyen una torre hueca de hormigón, el segmento situado en la posición más baja se denomina, a continuación en el presente documento, segmento de base y el resto de segmentos se denominan, a continuación en el presente documento, segmentos de elevación.

- Fábrica: Es la infraestructura auxiliar que se emplea para la prefabricación de piezas de hormigón para una torre hueca de hormigón.

- Transporte: Es el transporte de piezas desde una fábrica hasta una plataforma por medio de un vehículo automóvil.

- Montaje: Es el proceso que se realiza mediante grúa en la plataforma para manipular piezas en general, colocándolas en su posición instalada en una torre hueca de hormigón.

En función de los términos anteriores se distinguen los siguientes sistemas de instalación de torres huecas de hormigón destinadas a ser torres de turbinas eólicas industriales de hormigón:

A) Torres prefabricadas a distancia del emplazamiento resueltas mediante transporte

En este caso, la torre está formada por distintas piezas que son prefabricadas en moldes en una fábrica. Esta fábrica se puede localizar a distancias mayores o menores del emplazamiento, exigiendo por tanto de una fase de transporte desde el lugar en el que se prefabrican las piezas, hasta su ubicación de instalación.

Dependiendo de la distancia de la fábrica, la operación de transporte cobrará más importancia o menos, tanto a nivel logístico como de costes de instalación de la torre. En función de esta distancia se pueden dar casos totalmente extremos: bien con distancias muy cortas instalando una fábrica dentro del parque eólico en cuestión, o bien con distancias muy grandes que exigen una cadena logística complicada compuesta incluso por una combinación de transporte terrestre y marítimo en el caso de cambio de continente.

Con este sistema de instalación, las piezas llegan finalmente al emplazamiento mediante camión, para posteriormente pasar al correspondiente montaje.

Cabe destacar que la fase de transporte es un factor limitante en el diseño de la torre, ya que en función de los límites del transporte (tanto desde el punto de vista de la normativa de cada país como de los equipos disponibles) puede ser necesario hacer piezas de tamaños mayores o menores, incluyendo de manera correspondiente más o menos juntas en ambas dimensiones principales de la torre, es decir juntas horizontales a una determinada cota, o bien juntas verticales según un determinado azimut.

Además, la existencia de la fase de transporte hace aconsejable minimizar el volumen de hormigón de la torre, precisando consecuentemente hormigones de mayores resistencias, incluso llegando en algunas ocasiones a necesitar constituir la torre con hormigones de alta resistencia, los cuales son más caros y más difíciles de conseguir o elaborar en función de la situación geográfica del parque eólico. Por otro lado, la existencia de juntas horizontales y, en su caso, verticales obliga a tener espesores de pared elevados para albergar los conjuntos que permiten la continuidad de esfuerzos en la junta. Esto obliga a su vez a sobredimensionar el espesor de las paredes al menos en las áreas cercanas a las juntas, con el coste adicional que eso implica, más aún en caso de hormigones caros. Pero además es que las propias juntas requieren un mortero que suele ser incluso más caro que el hormigón utilizado. Si se opta por transportar segmentos enteros, los diámetros convencionales que se dan en las cotas inferiores de las torres (habitualmente mayores de 6,5 m) hacen que los segmentos sean esencialmente incompatibles con el ancho de vía por asuntos logísticos. Del mismo modo, por criterios de gálibos máximos de carga para transporte por carretera ordinaria, es necesario usar piezas de pequeñas dimensiones, lo que implica un gran número de operaciones durante el montaje. Por ejemplo, con una regulación para transporte normal que imponga unas medidas máximas de 2,4 m x 12 m y cargas de 25 t por camión, para una torre de 120 m de altura podría ser necesario transportar y montar más de 40 piezas.

Además, durante la fase de transporte, las piezas se manipulan para su carga y descarga y habitualmente se depositan en ubicaciones de almacenamiento temporales. Durante esas maniobras y depósitos, las piezas a menudo se sostienen horizontalmente, lo que puede imponer en las piezas unas tensiones superiores a aquellas para las que tienen que estar diseñadas para la condición instalada, lo que puede obligar a su vez a sobredimensionar ciertos parámetros de las piezas para soportar esas tensiones, tal como la armadura. Además, esta situación puede obligar a instalar casquillos en las piezas, para anclarlos a los medios que sostendrán las piezas en posición horizontal, lo cual no solo obliga a usar dichos casquillos posteriormente superfluos sino que a menudo obliga a operaciones posteriores de revoco para escamotear dichos casquillos. Todo ello también hace más complejo el diseño de cada pieza.

Incluso, especialmente en caso de existir juntas verticales, en ocasiones se realiza una fase de premontaje, intermedia entre el transporte y el montaje, para formar segmentos a partir de varias piezas, lo que alarga el método de instalación y, de nuevo, puede imponer en las piezas unas tensiones superiores a aquellas para las que tienen que estar diseñadas para la condición instalada.

En conclusión, este sistema de instalación precisa tanto de transporte como de montaje.

Véase, por ejemplo, el documento WO 2012/168467 A2.

B) Torres armadas *in situ*

Son aquellas torres en las que el hormigón se vierte en encofrados situados de tal manera que el elemento hormigonado resultante tras el fraguado es una pieza en condición instalada, es decir la torre se moldea

directamente *in situ* a lo largo de toda su extensión vertical vertiendo el hormigón en el mismo lugar. En este caso, no se fabrican piezas en una fábrica, ni hay que transportar ninguna pieza, ni hay montaje (ni premontaje) ya que ellas mismas conforman la propia torre en la condición instalada según se van fabricando.

- 5 Sin embargo, con relación a torres que llegan a tener alturas de más de 100 m, en la práctica no es posible ejecutar el hormigonado de la torre de una sola vez. Uno de los problemas existentes es la manipulación de toda la longitud del encofrado en su vertical, y muy especialmente el transporte del hormigón hasta una altura tal como la parte superior del encofrado para permitir el vertido de dicho hormigón dentro del encofrado. Para minimizar este problema, se usan encofrados parciales que tienen una altura que representa una parte de la
- 10 altura total de la torre, los cuales se van entonces desplazando hacia arriba según van fraguando las partes ya hormigonadas. Normalmente los encofrados parciales tienen una configuración que define un segmento completo. El hecho de concentrar todos los procesos de producción (encofrado, armado y hormigonado) en la misma vertical, condiciona los ritmos de producción y dificulta la industrialización del método de instalación, implicando largos tiempos de instalación de una torre debido al tiempo invertido tanto en las esperas de
- 15 fraguado entre el hormigonado de un segmento y del siguiente como en la retirada y la colocación del encofrado para desplazarlo hacia arriba. La instalación de una torre de más de 100 m mediante este sistema suele llegar a los 20 días, usando encofrados con placas de trepado autodeslizantes de 6 m. Además, la instalación de una pluralidad de torres es o bien extremadamente lenta si se hace en serie, llevando consecutivamente el encofrado de un emplazamiento a otro, o bien muy cara si se desea llevar a cabo en paralelo en varios
- 20 emplazamientos, por tener que disponer de tantos encofrados como emplazamientos simultáneos. Véase, por ejemplo, el documento EP 0960986 A2.

Se han desarrollado encofrados deslizantes o trepantes muy sofisticados que, si bien agilizan el proceso, implican una alta complejidad del propio encofrado, especialmente para las torres habituales pues estas

25 presentan un ahusamiento ascendente que obliga a modificar la morfología del encofrado según se va desplazando hacia arriba.

En conclusión, en este sistema de instalación no existe transporte ni montaje.

- 30 Un caso especial de sistema para armar *in situ* una torre comprende la extrusión del eje de la torre. El sistema comprende la instalación de un único segmento, concretamente el segmento de base, cerrado por su borde inferior y abierto por su borde superior, en el cual se va inyectando hormigón hasta que rebosa por dicho borde superior abierto. Este concepto implica que la inyección se haga a una determinada velocidad adecuada para que el hormigón que va rebosando por el borde superior abierto del segmento de base esté lo suficientemente
- 35 solidificado como para que mantenga una forma cilíndrica. Sin embargo, este es un sistema poco usado en la práctica, debido fundamentalmente a que la construcción de torres especialmente altas, tal como torres de turbinas eólicas industriales de hormigón, implica un gasto de energía extremadamente alto para conseguir bombear el hormigón hasta alcanzar alturas de más de 100 m y unos tiempos de instalación muy largos debido a que el ritmo de fraguado del hormigón obliga a inyectar el hormigón a un ritmo correspondientemente lento.
- 40 Véase, por ejemplo, los documentos WO 2007/025555 A1 y GB 619048.

En cualquier caso, se mantiene que en este sistema de instalación no existe transporte ni montaje.

C) Torres combinadas

- 45 Es posible combinar las técnicas mencionadas anteriormente, especialmente para torres ahusadas, para formar *in situ* las partes inferiores de la torre y formar el resto mediante piezas prefabricadas. Por un lado se reduce la complejidad del encofrado trepante, pues se reduce la necesidad de modificar la morfología del encofrado dado que las posiciones más distantes en las que se va a usar el encofrado implican unas dimensiones más parecidas, y por otro lado se reducen las limitaciones resultantes del transporte de piezas, pues la parte de la
- 50 torre que tiene mayor diámetro se forma *in situ*. Incluso, se puede fabricar la torre *in situ* hasta una altura tal que permita que sea técnica y legalmente posible el transporte de las piezas restantes ya en forma de segmentos.

- 55 No obstante, un experto en la técnica entenderá que este sistema reúne los inconvenientes de ambos sistemas anteriormente mencionados, si bien pudieran estar aliviados, pues una fase es laboriosa y lenta debido al procedimiento de encofrado-vertido-fraguado sobre segmentos previos y otra fase exige el transporte de objetos de gran tamaño o en gran número.

60 Sumario de la invención

- La presente invención proporciona un método de instalación de una torre hueca de hormigón formada por más de un segmento, especialmente adecuado para su implementación sucesiva un cierto número de veces con el fin de instalar una pluralidad de torres huecas de hormigón de grandes dimensiones en un área geográfica
- 65 específica, tal como una pluralidad de torres huecas de hormigón de sustentación de turbinas eólicas de uso industrial (o torres de turbinas eólicas industriales de hormigón) para un parque eólico.

Más concretamente, la presente invención proporciona según la reivindicación adjunta 1 un método de instalación de una torre hueca de hormigón formada por más de un segmento, que comprende las siguientes etapas:

- 5 a) disponer un emplazamiento y una correspondiente plataforma, en el que dicha plataforma es una zona de trabajo que se localiza inmediatamente al lado del emplazamiento o alrededor del mismo, excluyendo el propio emplazamiento;
- 10 b) disponer en dicha plataforma al menos un molde parcial de segmento completo de una pluralidad de moldes parciales de segmento completo en una posición tal que el eje de segmento del segmento a moldear en dicho(s) molde(s) dispuesto(s) es sustancialmente vertical,
- c) verter hormigón en el interior de dicho(s) molde(s) dispuesto(s),
- 15 d) dejar fraguar dicho hormigón vertido hasta alcanzar su resistencia de trabajo, generándose un(os) respectivo(s) segmento(s),
- e) retirar dicho(s) molde(s) dispuesto(s) que tiene(n) hormigón fraguado hasta su resistencia de trabajo, dejando expuesto(s) dicho(s) respectivo(s) segmento(s),
- 20 f) realizar el montaje de dicho(s) respectivo(s) segmento(s) expuesto(s), en el que el montaje es el procedimiento de colocar piezas en su posición instalada en la torre hueca de hormigón que está en construcción; y
- 25 g) opcionalmente, repetir las etapas b) a f) al menos una vez.

Preferiblemente, para la instalación completa de una torre hueca de hormigón de acuerdo con la presente invención se llevará a cabo la etapa g) y se desarrollarán por lo tanto más de un ciclo de etapas b) a f): en una etapa b) se disponen en dicha plataforma solamente una parte de los moldes parciales de segmento completo adaptados para generar todos los segmentos, por ejemplo dos moldes parciales de segmento completo, y se llevan a cabo las etapas c) a f) correspondientes; seguidamente, en otra etapa b) se disponen en dicha plataforma solo otra parte de los moldes parciales de segmento completo adaptados para generar todos los segmentos, por ejemplo otros dos moldes parciales de segmento completo, y se llevan a cabo las etapas c) a f) correspondientes; y así sucesivamente hasta llevar a cabo tantos ciclos de etapas b) a f) como se desee, normalmente hasta completar la instalación de la correspondiente torre. La cantidad de moldes parciales de segmento completo implicados en un mismo ciclo puede aumentar o disminuir de un ciclo a otro. No es necesario que un ciclo de etapas b) a- f) termine completamente para iniciar un nuevo ciclo de etapas b) a f).

Alternativamente, en una única etapa b) se pueden disponer en dicha plataforma los moldes parciales de segmento completo adaptados para generar todos los segmentos de la correspondiente torre, por lo que la etapa g) no se ejecutaría.

Opcionalmente, de acuerdo con la presente invención, uno de los moldes puede disponerse en el emplazamiento en lugar de disponerse en la plataforma, para generar el segmento de base directamente en el emplazamiento.

Las torres huecas de hormigón instaladas de acuerdo con el método de la presente invención pueden incluir en sus paredes de hormigón una armadura pasiva interna, hecha de rebar convencional, ocasionalmente compartida entre más de un segmento, por ejemplo con el fin de mejorar la resistencia a la tracción del hormigón. Para estos casos, el método de la presente invención puede incluir la siguiente etapa:

- después de la etapa de disposición de molde y antes de la etapa de vertido de hormigón, disponer armadura pasiva en el interior de dicho(s) molde(s).

Igualmente, las torres huecas de hormigón pueden incluir en sus paredes una armadura activa interna, hecha de barras de acero activo o cable de pretensado, ocasionalmente compartida entre más de un segmento, por ejemplo con el fin de mejorar la resistencia a la tracción del hormigón y/o como medios de fijación entre los segmentos compartidos. Para estos casos, un método que no forma parte de la presente invención puede incluir las siguientes etapas:

- i) en caso de armadura activa adherente (cable desnudo):

- después de la etapa de disposición de molde y antes de la etapa de vertido de hormigón, disponer en el interior de dicho(s) molde(s) vainas a efectos de conductos para la armadura activa adherente, de una manera tal que en segmentos adyacentes en la condición instalada queden alineadas entre sí vainas en ambos

segmentos adyacentes, y

- después de la etapa de fraguado, disponer armadura activa adherente a través de vainas alineadas;

5 ii) en caso de armadura activa no adherente (cable enfundado):

- después de la etapa de disposición de molde y antes de la etapa de vertido de hormigón, disponer en el interior de dicho(s) molde(s) armadura activa no adherente, de una manera tal que parte de la armadura activa no adherente se proyecte desde un correspondiente molde, así como insertos para producir vacíos en el segmento a moldear, de una manera tal que, en segmentos adyacentes en la condición instalada queden alineados entre sí vacíos y proyecciones de ambos segmentos adyacentes;

10 iii) en caso de armadura activa adherente o no adherente:

- 15 • disponer medios de retención en un primer extremo de la armadura activa,
- después de la etapa de disposición de armadura activa, disponer medios de tracción en un segundo extremo de la armadura activa para someterla a esfuerzo,
- 20 • después de la etapa de fraguado, accionar dichos medios de tracción para someter a esfuerzo la armadura activa,
- después de la etapa de accionamiento de medios de tracción, disponer medios de anclaje de la armadura activa al hormigón,
- 25 • después de la etapa de anclaje, retirar de dicha armadura activa dichos medios de tracción.

En el caso de una armadura activa adherente, se prefiere que dichas vainas sean rellenas con mortero una vez recibida en ellas la armadura y que las vainas tengan corrugaciones externas; en el caso de una armadura activa no adherente, se prefiere que dichos vacíos sean rellenos con mortero una vez recibida en ellos la armadura.

Las torres huecas de hormigón pueden incluir armaduras activas externas a las paredes de la torre, que discurren por el interior de la torre, ocasionalmente compartidas entre más de un segmento, por ejemplo con el fin de mejorar la resistencia a la tracción del hormigón y/o como medios de apriete entre los segmentos compartidos. Para estos casos, un método que no forma parte de la presente invención puede incluir las siguientes etapas:

- después de la etapa de montaje, disponer armadura activa externa de manera que los cables o barras que forman dicha armadura activa externa estén anclados por un extremo a la cota inferior de la torre y por el otro extremo a una cota superior de la torre.

Se debe apreciar que el método de instalación descrito anteriormente se puede usar para instalar una torre mixta, esto es, una torre hecha de hormigón solamente a lo largo de una parte de su altura, y hecha de metal, especialmente acero, a lo largo del resto de su altura, sin alejarse por ello del alcance de la invención.

Se puede entender que el método de instalación de acuerdo con la presente invención es un método basado en una fabricación a pie de torre, por ello:

- Es una solución de tipo prefabricado en el sentido de que la torre está compuesta por elementos que previamente son hormigonados y posteriormente son instalados en su posición final mediante el montaje. Esta característica permite mantener los beneficios sobre los rendimientos de producción, ya que permite que se solapen actividades de producción, permitiendo reducir y optimizar los plazos de producción.
- La ausencia de transporte de piezas por carretera y por tanto de las correspondientes limitaciones dimensionales sobre ellas, permite flexibilizar la geometría de las piezas. Esta característica es vital para poder definir piezas geométricamente mayores y permitir así fabricar la torre sin necesidad de juntas verticales ni premontaje, lo que a su vez permite optimizar los costes globales de instalación de la torre. Es decir, las piezas serán directamente segmentos, con geometría tubular preferiblemente, existiendo por tanto solo juntas horizontales.

Paradójicamente para un experto en la técnica, pese a ser básicamente un método que usa un tipo de elementos prefabricados, el método de instalación de torre hueca de hormigón de acuerdo con la presente invención produce una torre con menos discontinuidades, y sin sobreespesores a veces necesarios en torres de otros sistemas para albergar dispositivos de las juntas y similares. Además, las piezas se autosoportan y el

método de la invención no impone a las piezas exigencias superiores a aquellas para las que se han diseñado las piezas en condición instalada, pues las piezas se fabrican no en condición instalada pero sí con los ejes de segmento verticales.

5 Breve descripción de los dibujos

Las características y las ventajas de la invención quedarán más claras a partir de la siguiente descripción detallada de una realización preferida de la misma, descrita a modo de ejemplo no limitativo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

10

la figura 1 es una vista en alzado de una torre de turbina eólica industrial de hormigón instalada según una realización del método de instalación de una torre hueca de hormigón de acuerdo con la presente invención,

15

la figura 2 es una vista en planta de una realización de la disposición de molde de acuerdo con la presente invención,

la figura 3 es una vista en planta de una realización de una disposición de molde alternativa de acuerdo con la presente invención,

20

la figura 4 es una vista esquemática en corte transversal vertical de una realización de molde de acuerdo con la presente invención, y

la figura 5 es una vista esquemática en corte transversal horizontal de una realización de segmento de torre de acuerdo con la presente invención.

25

Descripción detallada de realizaciones

La figura 1 muestra una torre de turbina eólica industrial de hormigón 100 genérica, de 115 m de altura, instalada según el método de instalación de torre hueca de acuerdo con la invención. La torre 100 está formada por diez segmentos, concretamente un segmento de base 20 y nueve segmentos de elevación 11-19, que geoméricamente tienen forma de cono truncado cada uno. Cada segmento 11-20 tiene una altura de 11,50 m.

30

Un cono truncado está definido por los siguientes parámetros:

35

- ϕ_{sup} : diámetro en cota superior
- ϕ_{inf} : diámetro en cota inferior
- H: altura del cono truncado
- Tp: espesor de la pared del cono truncado

40

Dependiendo de la torre a construir en función del fabricante de la turbina eólica, las diferentes geometrías se definirán variando las variables de ϕ_{sup} , ϕ_{inf} , Tp y H.

De esta manera la descripción geométrica genérica para una torre sería según el siguiente cuadro:

SEGMENTO	Z_{inf}	Z_{sup}	ϕ_{inf}	ϕ_{sup}	H ($Z_{sup}-Z_{inf}$)
T1	Z0	Z1	ϕ_0	ϕ_1	H1
T2	Z1	Z2	ϕ_1	ϕ_2	H2
T3	Z2	Z3	ϕ_2	ϕ_3	H3
...	...	...	...	...	...
Tn	Z_{n-1}	Z_n	ϕ_{n-1}	ϕ_n	Hn

45

Como parámetro general se prefiere una altura máxima de segmento de 11,50 m, de manera que todas las estructuras que intervienen en la producción de los segmentos cumplirán con claridad las prescripciones del transporte por carretera y además podrán ser transportadas en camiones con plataforma de 12 m convencionales. En función de dicha altura máxima de segmento y la altura de la torre (H (Z_n-Z_0)) se define el número de segmentos necesarios. Se prefiere igualmente que la torre incluya al menos un segmento en el que la altura de tal segmento sea mayor que su diámetro máximo, con el fin de minimizar el número de segmentos necesarios para formar una torre dada la altura de esta última.

50

La figura 2 muestra una plataforma 10A, un emplazamiento 40A, diez moldes parciales 11'-20', 11''-20'' de segmento completo, un emplazamiento 40A y una grúa 30, adaptados para llevar a cabo una realización del método de acuerdo con la presente invención para la instalación de la torre 100. Más concretamente, la

55

plataforma 10A está situada rodeando dicho emplazamiento 40A y soportando sobre ella dicha grúa 30; y cada molde comprende una respectiva losa de apoyo de hormigón 11'-20" que reposa sobre dicha plataforma 10A, y un respectivo cuerpo de molde 11'-20' que reposa sobre una correspondiente losa 11'-20". Dichos moldes 11'-20', 11'-20" están dispuestos en dos hileras esencialmente simétricas entre sí que parten de dicho emplazamiento 40A en direcciones diametralmente opuestas y después giran hacia dicha grúa 30 ciñéndola lateralmente. Dichos moldes 11'-20', 11'-20" están destinados a moldear dicho segmento de base 20 y dichos segmentos de elevación 11-19 respectivamente, y por lo tanto los cuerpos de molde 11'-20' tienen unas formas complementarias a ellos. Dicho emplazamiento 40A está situado en el centro de unos cimientos que comprenden una zapata 45A. En esta realización, dichas losas 11'-20" son de planta cuadrangular y dicha zapata 45A es de planta circular pero un experto en la técnica entenderá que estos elementos pueden tener otras formas sin alejarse por ello del alcance de la invención.

La figura 3 muestra una plataforma 10B, un emplazamiento 40B, diez moldes parciales 11'-20', 11'-20" para un segmento completo, un emplazamiento 40B y una grúa 30, adaptados para llevar a cabo una realización del método de acuerdo con la presente invención para la instalación de la torre 100. Más concretamente, la plataforma 10B está situada inmediatamente al lado de dicho emplazamiento 40B y soportando sobre ella dicha grúa 30; y cada molde comprende una respectiva losa de apoyo de hormigón 11'-20" que reposa sobre dicha plataforma 10B, y un respectivo cuerpo de molde 11'-20' que reposa sobre una correspondiente losa 11'-20". Dichos moldes 11'-20', 11'-20" están dispuestos en dos hileras esencialmente paralelas entre sí que dejan dicho emplazamiento 40B y dicha grúa 30 a un mismo lado de dichas hileras. Dichos moldes 11'-20', 11'-20" están destinados a moldear cada segmento de base 20 y dichos segmentos de elevación 11-19 respectivamente, y por lo tanto los cuerpos de molde 11'-20' tienen unas formas complementarias a ellos. Dicho emplazamiento 40B está situado en el centro de unos cimientos que comprenden una zapata 45B. En esta realización, dichas losas 11'-20" son de planta cuadrangular y dicha zapata 45B es de planta circular pero un experto en la técnica entenderá que estos elementos pueden tener otras formas de planta sin alejarse por ello del alcance de la invención.

Las losas de apoyo pueden ser prefabricadas por partes. Es decir, para cada losa de apoyo se pueden prefabricar partes de losa de apoyo que, una vez transportadas hasta una plataforma y colocadas adyacentes entre sí, forman conjuntamente la correspondiente losa de apoyo. De este modo, se puede conseguir que cada parte de la losa de apoyo tenga unas dimensiones adecuadas para un transporte convencional por carretera. En las realizaciones particulares descritas e ilustradas en el presente documento, las losas 11'-20" son prefabricadas en cuatro partes, lo que hace que las dimensiones de cada parte sean adecuadas para un transporte convencional por carretera. De este modo, las losas 11'-20" son transportadas por partes en camiones hasta la plataforma 10A o 10B y luego pueden ser transportadas por partes en camiones a otras plataformas (por ejemplo la plataforma 10B o 10A, respectivamente) y pueden ser reutilizadas por tanto en otros métodos, para instalar varias torres. No obstante, a la luz de las enseñanzas de la presente memoria descriptiva, un experto en la técnica entenderá que estas losas se pueden proporcionar de otras maneras sin alejarse por ello del alcance de la invención.

En las realizaciones particulares descritas e ilustradas en el presente documento, como se muestra en las figuras 2 y 3, los moldes 11'-20', 11'-20" están repartidos por el área de la plataforma 10A; 10B de manera que el brazo de la grúa 30, al manipular los segmentos resultantes de los moldes 11'-20', 11'-20", sea menor cuanto más voluminoso y por lo tanto más pesado es el segmento resultante. No obstante, a la luz de la divulgación de la presente memoria descriptiva, un experto en la técnica entenderá que los moldes se pueden repartir por el área de una plataforma de otras maneras sin alejarse por ello del alcance de la invención.

Ahora se describirá una realización del método de acuerdo con la presente invención para la instalación de una torre hueca de hormigón con referencia a las figuras.

Con relación a las figuras 4 y 5, para facilitar la descripción estas ilustran vistas correspondientes solamente a uno de los moldes 11'-20', 11'-20", concretamente al molde 20', 20". Se entenderá que, con diferente escala y posiblemente ahusamiento, la figura 4 y la figura 5 serán aplicables análogamente al resto de moldes con fines únicamente ilustrativos. Se entenderá igualmente que la figura 4 es simétrica con respecto a su eje vertical central, por lo que las referencias atribuidas a las características a un lado del eje se atribuirían también a las características simétricas, pero en la figura 4 se omiten las referencias para mayor claridad de la misma.

En primer lugar, se dispone la plataforma 10A; 10B en un emplazamiento 40A; 40B destinado para una torre 100, lo que comprende nivelar y compactar el terreno dentro de los límites de dicha plataforma 10A; 10B y disponer una cimentación 45A; 45B para la torre 100 en correspondencia con el lugar del emplazamiento 40A; 40B. Se comprueba entonces que la plataforma 10A; 10B está nivelada dentro de las tolerancias de diseño y, en caso necesario, se complementa la nivelación con una cama de arena para ofrecer apoyo uniforme.

Se disponen entonces los diez moldes parciales de segmento completo 11'-20', 11'-20" en dicha plataforma 10A; 10B, en posiciones no coincidentes con dicho emplazamiento 40A; 40B. Dado que dichos moldes 11'-20', 11'-20" se disponen en posiciones no coincidentes con dicho emplazamiento 40A; 40B, los resultantes

segmentos 11-20 deberán montarse para crear una torre 100. Concretamente, para cada molde, primero se sitúa la respectiva losa 11"-20", mediante la disposición de manera adyacente entre sí de las partes que la componen; y posteriormente se sitúa el respectivo cuerpo de molde 11'-20' sobre la correspondiente losa 11"-20". Dichas losas 11"-20" comprenden, embebidos en ellas, registros para la sujeción de los cuerpos de molde 11'-20'. Más concretamente, utilizando el molde 20', 20" como ejemplo, para situar el cuerpo de molde 20': primero se coloca en el centro de la losa 20" un apuntalamiento formado por un bastidor central metálico de celosía 22, apuntalamiento que coincide con el eje del segmento resultante 20, y una pluralidad de brazos 24, 26 que se extienden radialmente desde dicho bastidor central 22; seguidamente se coloca la pared interior del cuerpo de molde 20', sujeta tanto a unos registros de la losa 20" como a los extremos radialmente exteriores de los brazos inferiores 24 de dicha pluralidad de brazos; y seguidamente se proporciona la pared exterior del cuerpo de molde 20', sujeta tanto a unos registros de la losa 20" como a los extremos radialmente exteriores de los brazos superiores 26 de dicha pluralidad de brazos.

En las realizaciones particulares descritas e ilustradas en el presente documento, la pared interior del cuerpo de molde 20' está formada por diferentes paneles que tienen, cada uno, dimensiones adecuadas para un transporte convencional por carretera, y la pared exterior del cuerpo de molde 20' está formada por diferentes paneles que tienen, cada uno, dimensiones adecuadas para un transporte convencional por carretera.

Dicho apuntalamiento 22, 24, 26 tiene medios de regulación para poder corregir cualquier falta de alineación con relación al eje de segmento.

Si un segmento tiene que estar provisto de rebar, tal rebar se coloca después de colocar la pared interior del cuerpo de molde y antes de colocar la pared exterior del cuerpo de molde. El rebar se suministra preferiblemente desde una infraestructura auxiliar, en camión, hasta la plataforma, y una vez en la plataforma se monta directamente en su posición final. A tal fin, el rebar se suministra dividido en elementos prefabricados, complementarios entre sí, que tienen cada uno preferiblemente unas dimensiones adecuadas para un transporte convencional por carretera.

En las realizaciones particulares descritas e ilustradas en el presente documento, como se muestra particularmente en la figura 5, el segmento 20 se fabrica con rebar. Tal rebar está dividido en jaulas 50, 52, 54 que tienen cada una unas dimensiones adecuadas para un transporte convencional por carretera. Las jaulas 50, 52, 54 son complementarias entre sí, es decir, tienen una configuración tal que permite que dichas jaulas se vayan colocando de una manera tal que quedan solapadas y autosoportadas. Concretamente, en primer lugar se coloca una primera jaula 50 que tiene dos brazos de solape radialmente internos que se extienden desde el cuerpo central de la jaula inicial 50 en sentidos opuestos circunferencialmente; seguidamente se colocan una pluralidad de jaulas intermedias 52 que tienen, cada una, dos brazos de solape, uno radialmente interno y otro radialmente externo, que se extienden desde el cuerpo central de cada jaula intermedia 52 en sentidos opuestos circunferencialmente; y finalmente se coloca una jaula final 54 que tiene dos brazos de solape radialmente externos que se extienden desde el cuerpo central de la jaula final 54 y en sentidos opuestos circunferencialmente.

Una vez colocados los moldes 11'-20', 11"-20", con el rebar 50, 52, 54 en su interior, se lleva a cabo el hormigonado de los moldes 11'-20', 11"-20", más concretamente de los cuerpos de molde 11'-20', preferiblemente mediante vertido de hormigón usando un camión hormigonera y una bomba de impulsión, de manera conocida. El hormigón vertido se deja fraguar hasta su resistencia de trabajo, generándose así los segmentos 11-20.

Se lleva a cabo entonces el desmoldeo, primero de las paredes exteriores de los cuerpos de molde 11'-20' y después de las paredes interiores de los cuerpos 11'-20' de molde. Según las realizaciones particulares descritas e ilustradas en el presente documento, tras la fase de desmoldeo se realiza, como es habitual en este tipo de métodos, la limpieza de los moldes 11'-20', 11"-20" y se aplica la imprimación de desmoldante en las paredes de los cuerpos de molde 11'-20', para el siguiente uso. Seguidamente, se lleva a cabo el desensamblaje de los apuntalamientos 22, 24, 26, para el siguiente uso.

Para completar la preparación de los segmentos 11-20, sobre el canto superior de cada segmento 11-20 se coloca el habitual par de perfiles de sellado, en concreto un perfil de sellado radialmente exterior y un perfil de sellado radialmente interior que servirán de tope para el mortero de alta resistencia al ejecutar las juntas entre un segmento y otro una vez montados. Esta fase de colocación de perfiles se puede llevar a cabo también durante el montaje de los segmentos, es decir, los pares de perfiles de sellado se pueden ir colocando de manera que un par de perfiles de sellado de un segmento se puede colocar después de montar el correspondiente segmento y antes de montar el segmento siguiente.

Se lleva a cabo entonces el montaje de los segmentos 11-20 mediante la grúa 30. A tal fin, la grúa coloca sucesivamente los segmentos 11-20 uno encima de otro, partiendo del segmento 20 de mayor diámetro que se coloca directamente sobre el emplazamiento 40A; 40B y hace por lo tanto de segmento de base, y siguiendo con el resto de segmentos 11-19 que se van colocando en orden de mayor a menor diámetro y que hacen de

segmentos de elevación.

En paralelo al montaje, las juntas creadas entre pares de segmentos montados, y más concretamente los espacios creados por los pares de perfiles de sellado, se van rellenando con mortero de alta resistencia, con el fin de sujetar cada segmento al segmento contiguo.

Finalmente, en las realizaciones particulares descritas e ilustradas en el presente documento, se lleva a cabo el pretensado de la torre, bien mediante armadura activa interna adherente o armadura activa interna, o bien disponiendo armadura activa externa en forma de tendones que discurren por el interior de la torre. No se describe ni se ilustra esta fase por ser conocida por los expertos en la técnica.

En las realizaciones particulares descritas e ilustradas en el presente documento, los diez moldes 11'-20', 11''-20'' se disponen de manera sustancialmente simultánea sobre la plataforma 10A; 10B, de manera que el método de instalación se lleva a cabo en un solo ciclo de diez moldes 11'-20', 11''-20''. No obstante, como alternativa, el método de instalación se podría llevar a cabo disponiendo inicialmente solo una parte de los moldes, por ejemplo dos moldes 19'-20', 19''-20'', y llevando entonces a cabo el resto de etapas del método para esos dos moldes 19'-20', 19''-20''; disponiendo seguidamente otra parte de los moldes, por ejemplo otros dos moldes 17'-18', 17''-18'', y llevando a cabo el resto de etapas del método para esos dos moldes 17'-18', 17''-18''; disponiendo seguidamente otra parte de los moldes, por ejemplo otros tres moldes 14'-16', 14''-16'', y llevando a cabo el resto de etapas del método para esos tres moldes 14'-16', 14''-16''; y disponiendo finalmente el resto de los moldes, en este ejemplo los moldes 11'-13', 11''-13'', y llevando a cabo el resto de etapas del método para esos tres moldes 11'-13', 11''-13''. En esta alternativa de ejemplo, el método se lleva a cabo por lo tanto en cuatro ciclos de 2-2-3-3 moldes pero el método se podría llevar a cabo también con cualquier otra combinación de ciclos y moldes (por ejemplo, cinco ciclos de 2-2-2-2-2 moldes, tres ciclos de 3-3-4 moldes, etc.), estando todas estas alternativas dentro del alcance de la presente invención. Además, los diferentes ciclos se podrían solapar en el tiempo de manera que un ciclo podría empezar antes de terminar el anterior, sin alejarse tampoco por ello del alcance de la presente invención. Lógicamente, la combinación de ciclos y moldes estará adaptada a la cantidad de moldes necesarios para generar todos los segmentos deseados, normalmente con una morfología y en un número adecuado para instalar una torre predeterminada.

En cualquier caso, cada molde utilizado en un método de acuerdo con la presente invención puede ser transportado a otra plataforma según se va llevando a cabo su desmoldeo, para volver a ser utilizado, preferiblemente en otro método de acuerdo con la presente invención para instalar otra torre.

Se debe reiterar que la plataforma no incluye el emplazamiento, aunque en algunos casos, como una realización descrita en el presente documento, la plataforma (10A) rodee completamente el emplazamiento (40A). Naturalmente, manteniéndose el principio de la invención, las realizaciones y los detalles de construcción se pueden variar ampliamente con respecto a lo descrito e ilustrado en el presente documento sin por ello alejarse del alcance de la presente invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método de instalación de una torre hueca de hormigón (100) formada por más de un segmento, caracterizado porque el método comprende las siguientes etapas:
5
a) disponer un emplazamiento (40A; 40B) y una correspondiente plataforma (10A; 10B); en el que dicha plataforma es una zona de trabajo que se localiza inmediatamente al lado del emplazamiento o alrededor del mismo, excluyendo el propio emplazamiento;
10
b) disponer en dicha plataforma (10A; 10B) al menos un molde parcial de segmento completo (11'-20', 11''-20'') de una pluralidad de moldes parciales de segmento completo (11'-20', 11''-20'') en una posición tal que el eje de segmento del segmento a moldear en dicho(s) molde(s) parcial(es) de segmento completo (11'-20', 11''-20'') está sustancialmente vertical;
15
c) verter hormigón en el interior de dicho(s) molde(s) parcial(es) de segmento completo (11'-20', 11''-20'') dispuesto(s);
d) dejar fraguar el hormigón vertido hasta alcanzar su resistencia de trabajo, generándose un(os) respectivo(s) segmento(s) (11-20);
20
e) retirar dicho(s) molde(s) parcial(es) de segmento completo (11'-20', 11''-20'') dispuesto(s) que tiene(n) hormigón fraguado hasta su resistencia de trabajo, dejando expuesto(s) dicho(s) respectivo(s) segmento(s); y
25
f) realizar el montaje de dicho(s) respectivo(s) segmento(s) expuesto(s) (11-20), en el que el montaje es el procedimiento de colocar piezas en su posición instalada en la torre hueca de hormigón (100) que está en construcción.
2. Método según la reivindicación 1, en el que las etapas b) a f) se repiten al menos una vez.
30
3. Método según la reivindicación 2, en el que en una etapa b) se disponen en dicha plataforma (10A; 10B) solamente una parte de los moldes parciales de segmento completo (11'-20', 11''-20'') adaptados para generar todos los segmentos, y se llevan a cabo entonces etapas c) a f) correspondientes; seguidamente, en otra etapa b) se disponen en dicha plataforma (10A; 10B) solamente otra parte de los moldes parciales de segmento completo (11'-20', 11''-20'') adaptados para generar todos los segmentos, y se llevan a cabo entonces etapas c) a f) correspondientes; y así sucesivamente hasta llevar a cabo tantos ciclos de etapas b) a f) como se desee.
35
4. Método según la reivindicación 2 o 3, en el que se llevan a cabo ciclos de etapas b) a f) hasta completar la instalación de la correspondiente torre (100).
40
5. Método según la reivindicación 3 o 4, en el que la cantidad de moldes parciales de segmento completo (11'-20', 11''-20'') implicados en un ciclo se mantiene, aumenta o disminuye de un ciclo a otro.
- 45 6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que al menos un ciclo de etapas b) a f) empieza antes de que termine un ciclo de etapas b) a f) previo.
7. Método según la reivindicación 1, en el que en una única etapa b) se disponen en dicha plataforma (10A; 10B) los moldes parciales de segmento completo (11'-20', 11''-20'') adaptados para generar todos los segmentos de la correspondiente torre (100).
50
8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que uno de los moldes parciales de segmento completo (11'-20', 11''-20'') se dispone en el emplazamiento (40A; 40B) en lugar de la plataforma (10A; 10B), para generar el segmento de base directamente *in situ* (40A; 40B).
55
9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el método incluye la siguiente etapa:
60
• después de la etapa de disposición de molde y antes de la etapa de vertido de hormigón, disponer armadura pasiva en el interior de dicho(s) molde(s) parcial(es) de segmento completo (11'-20', 11''-20'').
10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la altura de al menos un segmento es mayor que su diámetro.
- 65 11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada molde comprende

- una respectiva losa de apoyo de hormigón (11''-20'') que reposa sobre dicha plataforma (10A; 10B), y un respectivo cuerpo de molde (11'-20') que reposa sobre una correspondiente losa (11''-20''), teniendo el cuerpo de molde (11'-20') una pared interior y una pared exterior, y en el que disponer sobre dicha plataforma (10A; 10B) un molde parcial de segmento completo (11'-20', 11''-20'') comprende: colocar en el centro de la losa (20'') un apuntalamiento formado por un bastidor central metálico de celosía (22), coincidiendo con el eje del segmento resultante (20), y una pluralidad de brazos (24, 26) que se extienden radialmente desde dicho bastidor central (22); seguidamente colocar la pared interior del cuerpo de molde (20'), sujeta tanto a unos registros de la losa (20'') como a los extremos radialmente exteriores de los brazos inferiores (24) de dicha pluralidad de brazos; y seguidamente colocar la pared exterior del cuerpo de molde (20'), sujeta tanto a unos registros de la losa (20'') como a los extremos radialmente exteriores de unos brazos superiores (26) de dicha pluralidad de brazos.
- 5
- 10
12. Método según la reivindicación 11, en el que dicho apuntalamiento (22, 24, 26) tiene medios de regulación para corregir cualquier falta de alineación con relación al eje de segmento.
- 15
13. Método según la reivindicación 11 o 12, en el que dicha torre hueca de hormigón (100) comprende en sus paredes de hormigón una armadura pasiva interna, hecha de rebar convencional (50, 52, 54), y en el que dicho rebar convencional (50, 52, 54) se coloca después de colocar la pared interior del cuerpo de molde (11'-20') y antes de colocar la pared exterior del cuerpo de molde (11'-20').
- 20
14. Método según la reivindicación 13, en el que dicho rebar está dividido en jaulas (50, 52, 54), complementarias entre sí, y en el que inicialmente se coloca una primera jaula (50) que tiene dos brazos de solape radialmente internos que se extienden desde el cuerpo central de la jaula inicial (50) en sentidos opuestos circunferencialmente; seguidamente se colocan una pluralidad de jaulas intermedias (52) que tienen, cada una, dos brazos de solape, uno radialmente interno y otro radialmente externo, que se extienden desde el cuerpo central de cada jaula intermedia (52) en sentidos opuestos circunferencialmente; y finalmente se coloca una jaula final (54) que tiene dos brazos de solape radialmente externos que se extienden desde el cuerpo central de la jaula final (54) en sentidos opuestos circunferencialmente.
- 25
- 30
15. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el que, después de la retirada de moldes, se desensambla dicho apuntalamiento (22, 24, 26).
- 35

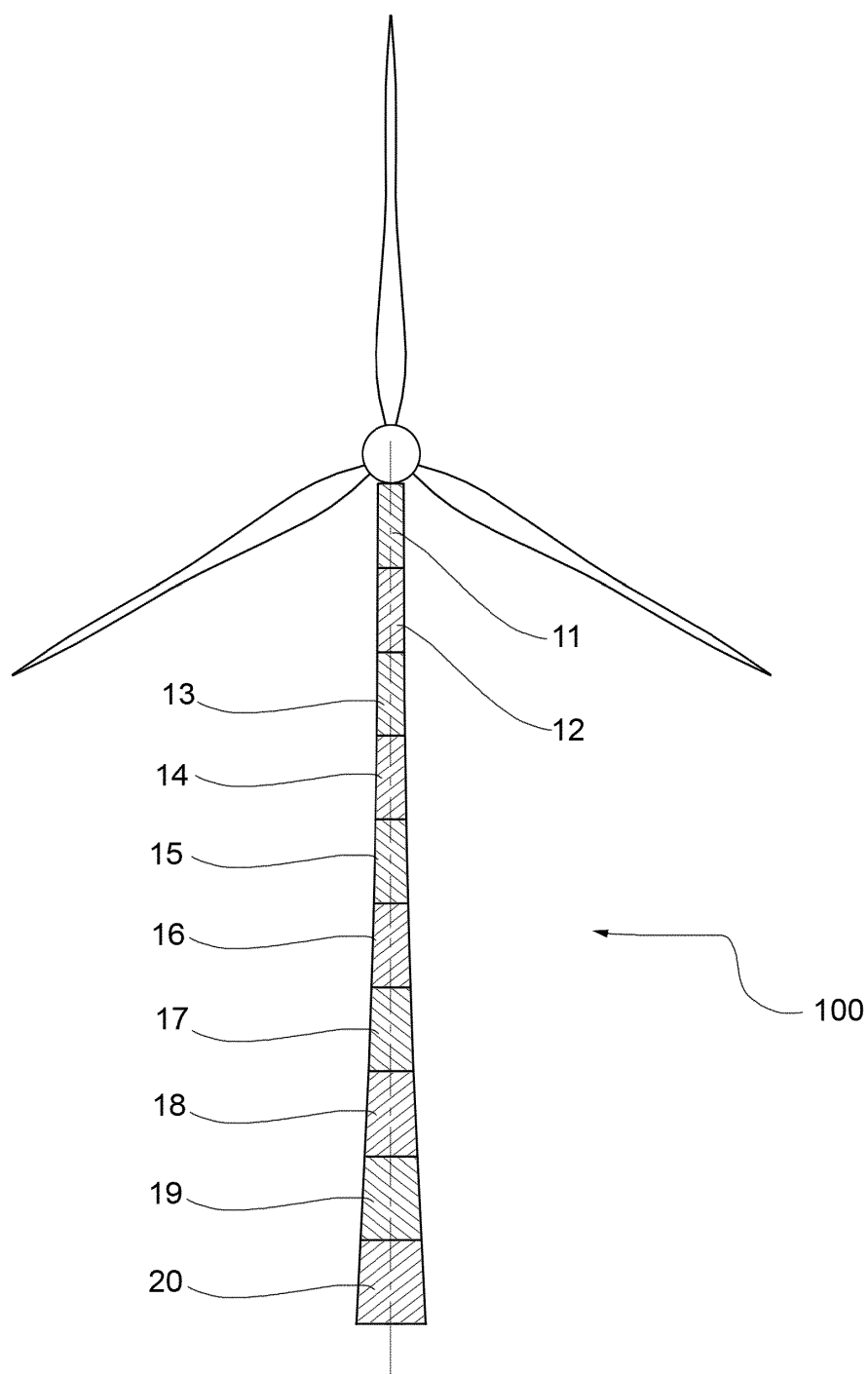


FIG.1

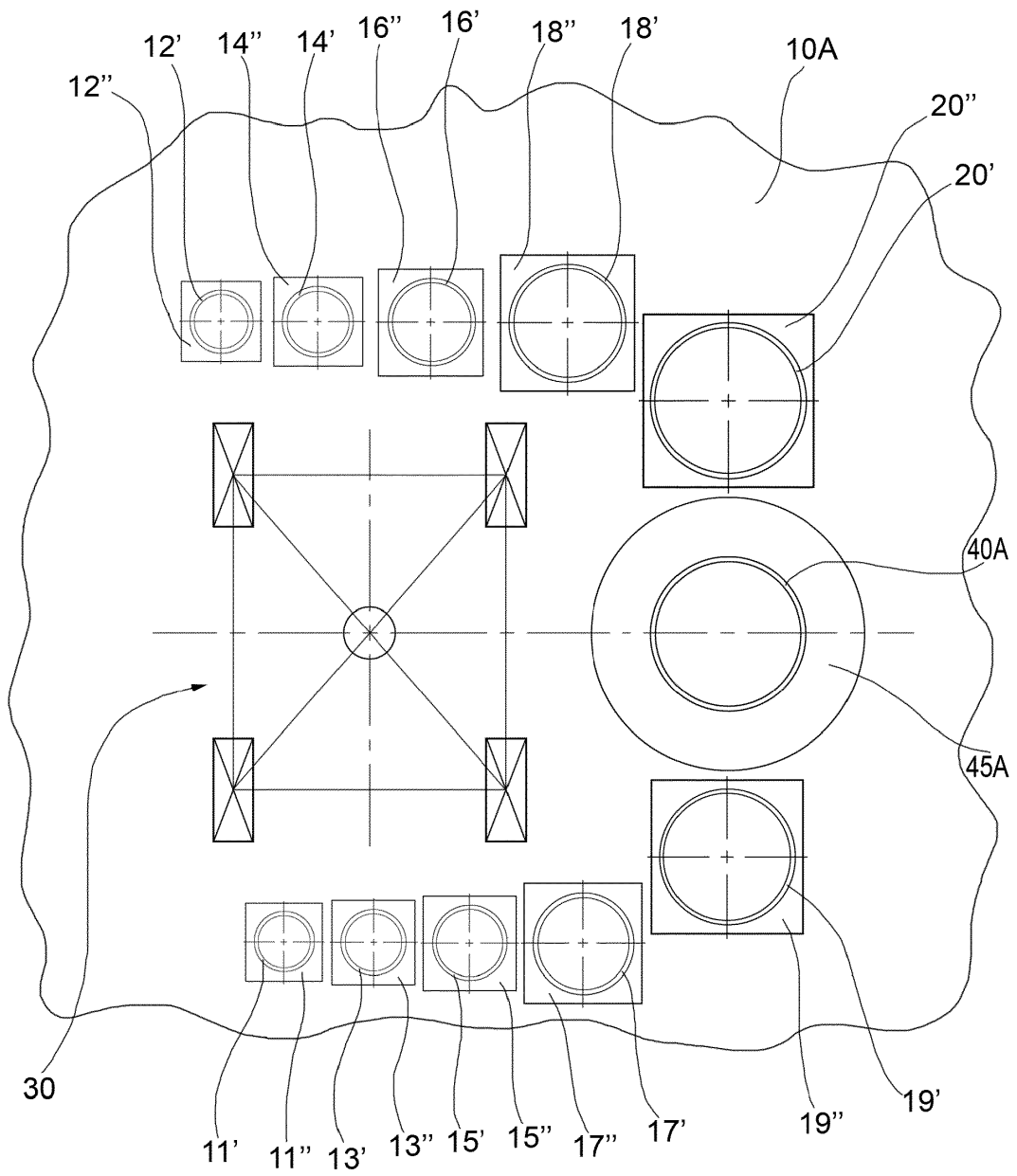


FIG.2

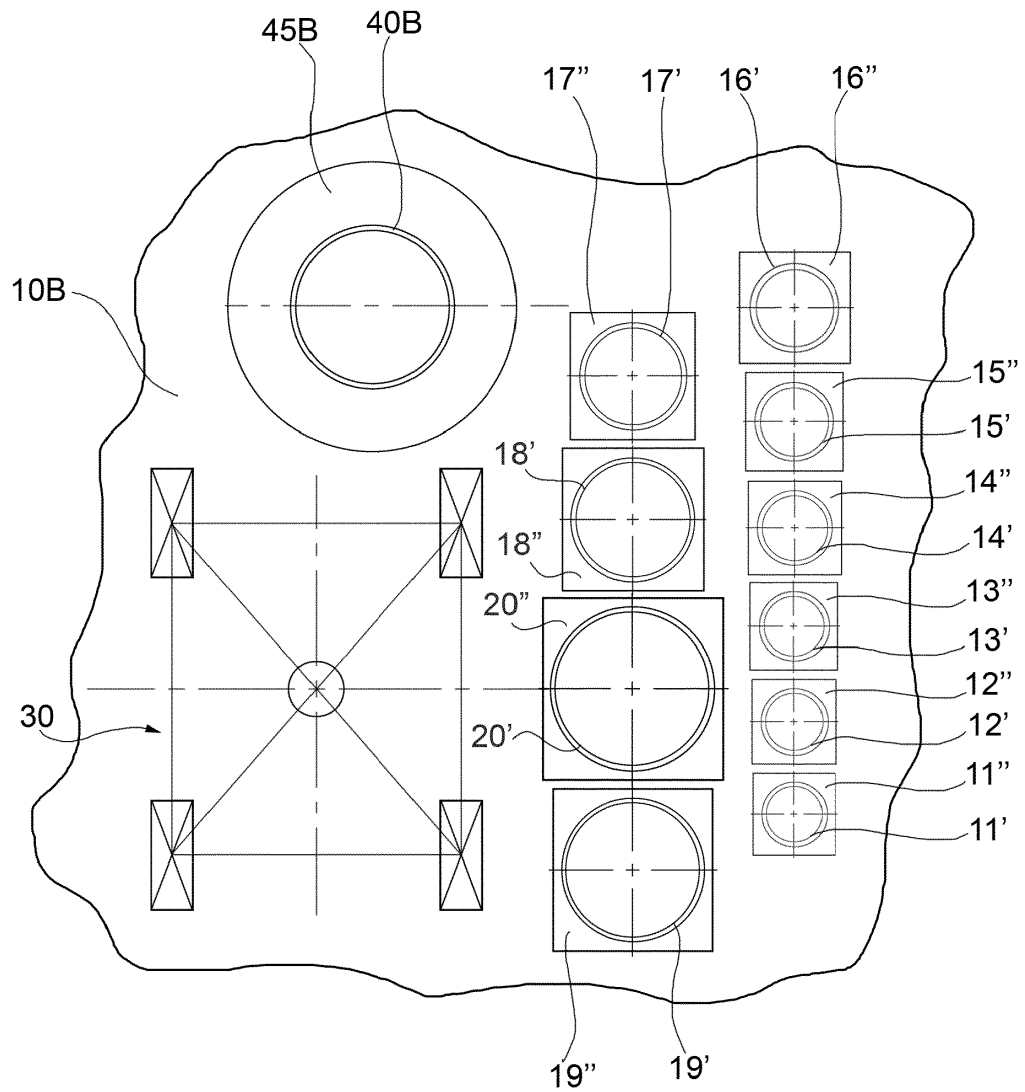


FIG.3

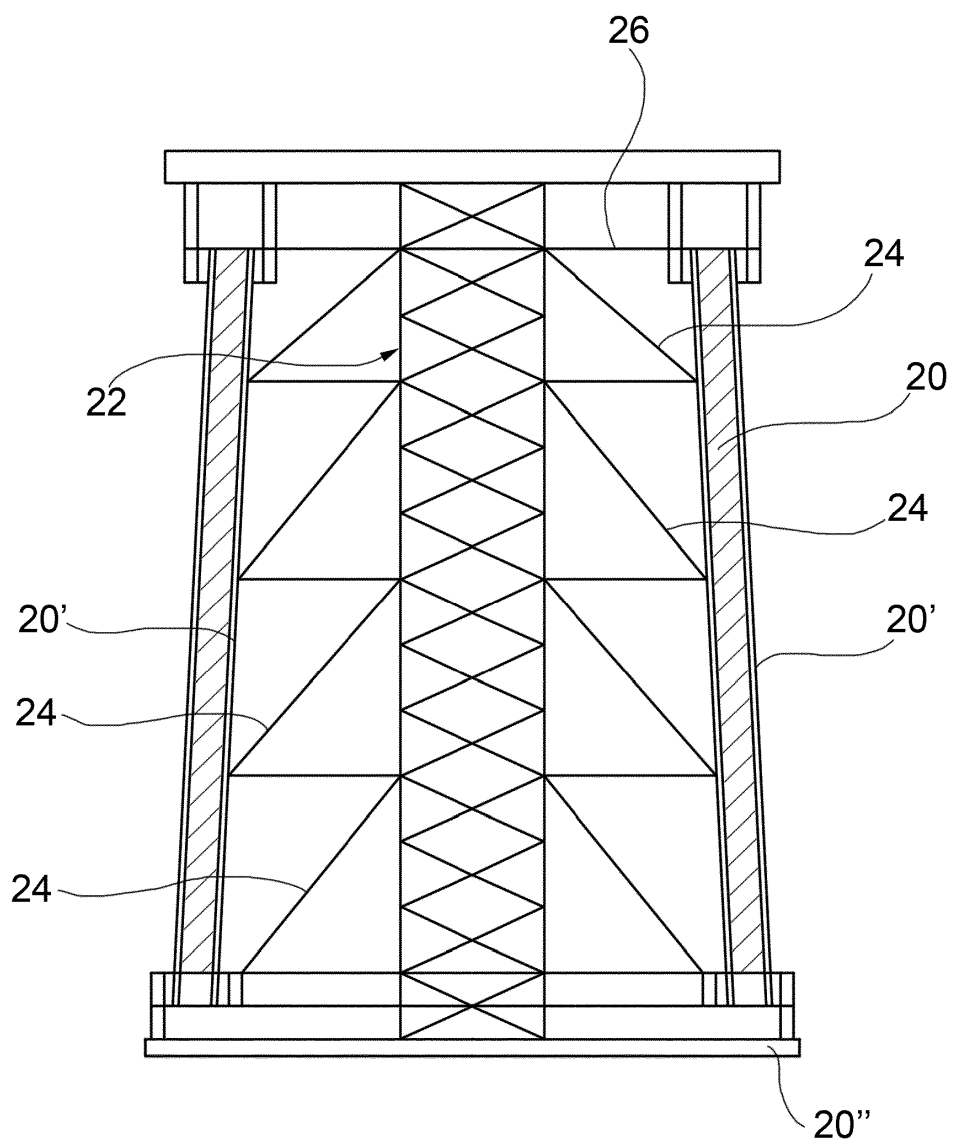


FIG.4

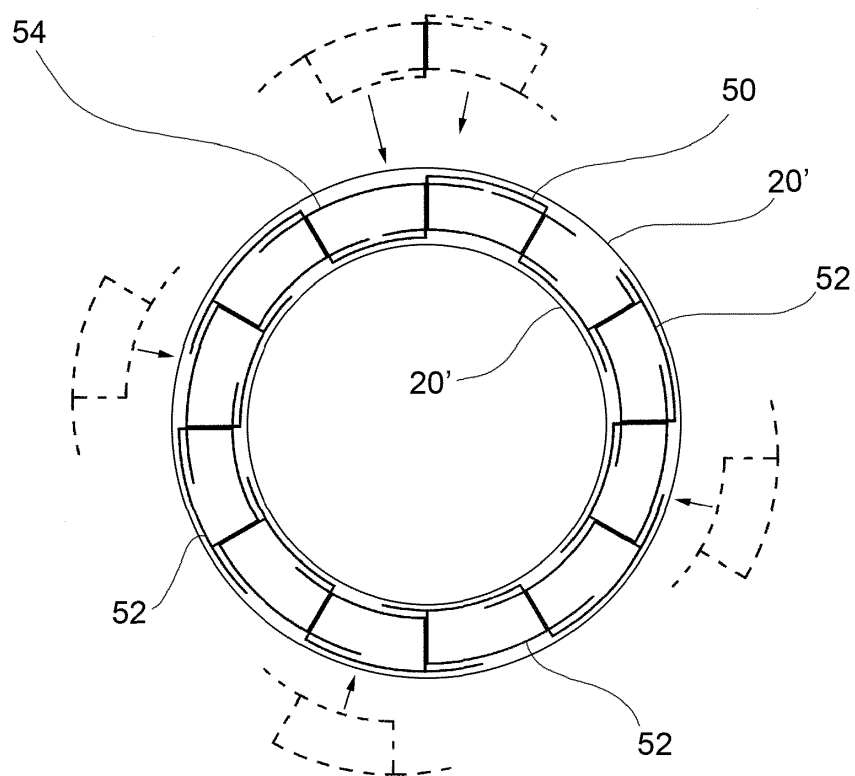


FIG.5