



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 296 058**

51 Int. Cl.:  
**E04H 12/08** (2006.01)  
**F03D 11/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **05075067 .8**  
86 Fecha de presentación : **14.01.2005**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1561883**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **10.08.2005**

54 Título: **Torre para una turbina de viento, pieza de pared de metal prefabricada para su uso en la torre para una turbina de viento y método para construir una torre para una turbina de viento.**

30 Prioridad: **04.02.2004 EP 04075337**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.04.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.04.2008**

73 Titular/es: **Corus Staal B.V.**  
**P.O. Box 10000**  
**1970 CA Ijmuiden, NL**

72 Inventor/es: **Sportel, Heiko**

74 Agente: **Justo Vázquez, Jorge Miguel de**

ES 2 296 058 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

Torre para una turbina de viento, pieza de pared de metal prefabricada para su uso en la torre para una turbina de viento y método para construir una torre para una turbina de viento.

Esta invención se refiere a una torre para una turbina de viento, que tiene un lado exterior y un lado interior y cuya torre está al menos parcialmente compuesta por piezas de pared de metal prefabricadas. La invención también se refiere a una pieza de pared de metal prefabricada para su uso en una torre de una turbina de viento. La invención se refiere además a un método para la construcción de una torre de una turbina de viento, que tiene un lado exterior y un lado interior y donde la torre está al menos parcialmente compuesta por piezas de pared de metal prefabricadas.

Una tendencia actual en el mercado de turbinas de viento es el creciente poder de la turbina de viento, en conjunto con el aumento de la altura de la torre. Turbinas de viento más grandes implican un aumento en el tamaño, el peso y las cargas que actúan sobre la torre de la turbina de viento. Esto requiere que las torres sean más fuertes y rígidas, y en consecuencia, conducen a dimensiones más grandes de la torre.

Las torres de acero tubulares convencionales para las turbinas de viento de 2 MW y superiores requieren diámetros de la torre muy grandes y/o gran espesor de la pared para soportar las grandes cargas estáticas y de fatiga que son ejercidas sobre la turbina de viento. Estas grandes torres son por lo general construidas prefabricando un número de secciones de la torre a partir de placas de metal mediante la soldadura de las placas curvas juntas, a menudo referidas como "latas", y transportando estas secciones al sitio donde la torre va a ser erigida. Estas secciones o latas son atornilladas al cimientado de la torre y una a la otra utilizando pestañas curvadas en forma de L que requieren un gran número de grandes pernos. El creciente poder de las turbinas de viento también requiere que las pestañas sean producidas con cada vez más precisión en cuanto a planitud. Para el transporte terrestre, el diámetro de la sección de la torre es la principal limitación. Un diámetro de alrededor de 4.3 m es generalmente el límite superior que puede ser transportado a la mayoría de las localidades, en vista de los pasos a desnivel, etc., y el peso de la sección impone sus límites también.

En uso, las fuerza ejercidas sobre la parte superior de la torre por el conjunto rotor-turbina determina la carga, es decir, los momentos de flexión, esencialmente, las conexiones de la pestaña horizontal y soldaduras. La última resistencia es determinada por la resistencia de los pernos y por la resistencia a la deformación metálica de la pared de metal tubular. Para la resistencia a fatiga las soldaduras son fundamentales. Durante el servicio, es muy difícil inspeccionar la calidad de una soldadura. Asimismo, las reparaciones en el lugar son difíciles.

Además de la resistencia, el comportamiento dinámico de la torre es otro factor determinante. La turbina se vería seriamente dañada si fuera operada a su frecuencia de resonancia natural.

Es conocido aumentar la frecuencia natural y/o la resistencia y/o la rigidez de una turbina de viento mediante el aumento del espesor de la placa de metal y/o el diámetro de la torre. Sin embargo, los problemas de

transporte debidos al tamaño y peso de las secciones de la torre hacen esta solución poco práctica. También las torres de celosía se han utilizado para aumentar la rigidez de las torres para las turbinas de viento. Sin embargo, las torres de celosía requieren un número muy grande (> 2000) de piezas individuales, cantidades significativas de mantenimientos y se consideran visualmente poco atractivas. Además, el comportamiento dinámico de tales torres no es adecuado para torres grandes. Las torres retenidas también se han utilizado para turbinas de viento. Estas torres son retenidas con cables de acero en alrededor de la mitad de la altura de la torre. Obviamente, esto plantea un problema de diseño ya que los cables no pueden entrar en contacto con el rotor de la turbina de viento. Además, los costos de los cimientados para los cables y los cables en sí mismos (con un diámetro de alrededor de 100 mm) son altos. También los cables necesitan tener alta resistencia a la fatiga.

Las torres híbridas, como las torres con paredes de hormigón, coladas entre una concha de acero interior y exterior también han sido propuestas. El problema es asegurar la calidad de la pared, una vez que ha sido colada. Cuando se construye una torre de una turbina de viento utilizando elementos de hormigón prefabricados, son requeridos medios de tensión para mantener la pared de hormigón bajo las fuerzas de compresión. Además, las torres de hormigón no son una solución económica.

FR 2621343 divulga un método para la construcción de soportes para signos o cables que consisten de tres elementos de metal prefabricados idénticos atornillando las pestañas de los elementos juntas para formar un soporte. Las pestañas de los elementos son dirigidas hacia el exterior.

EP-A-1 606 514 es un derecho anterior no publicado de conformidad con el Art 54(3)EPC y divulga una torre de acero para un molino de viento que comprende un número de secciones de torre cilíndricas o cónicas, por lo menos las secciones más amplias estando subdivididas en dos o más segmentos de concha alargados, que se combinan en una sección de torre completa por medio de pestañas verticales apretadas juntas, dichas conchas estando también provistas con pestañas horizontales superiores e inferiores para permitir la interconexión de las secciones de la torre una encima de la otra.

Es el objeto de esta invención proporcionar una torre para una turbina de viento que proporciona una gran rigidez. Es otro objeto de esta invención proporcionar una torre para una turbina de viento que proporciona suficiente resistencia que permita la aplicación de generadores de alta potencia en la parte superior de la torre. Aún es otro objeto de esta invención proporcionar una torre para una turbina de viento, que no cause los problemas de transporte antes mencionados, incluso en el caso de grandes torres y/o torres con una base amplia.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, uno o más de estos objetos puede ser alcanzados mediante una torre para una turbina de viento donde la torre tiene un lado exterior y un lado interior y donde la torre está al menos parcialmente compuesta por piezas de pared de metal prefabricadas donde cada pieza de pared comprende esencialmente una porción cuadrangular que tiene una superficie de frente hacia afuera en la dirección del exterior de la torre y una superficie de frente hacia adentro en la dirección del

interior de la torre, dicha porción teniendo un borde superior, un borde inferior, un primer borde lateral y un segundo borde lateral, donde dicho primer borde lateral es provisto con una primera pestaña a lo largo de al menos parte de la longitud del primer borde lateral y donde el segundo borde lateral es provisto con una segunda pestaña a lo largo de al menos parte de la longitud del segundo borde lateral. Usando las piezas de pared de metal prefabricadas de acuerdo con la invención, la rigidez de la construcción se incrementa por la presencia de las pestañas de las piezas de pared de metal prefabricadas, que actúan como una arista. Con el uso de las piezas de pared de metal prefabricadas, el transporte de las secciones de la torre completa ya no es requerido, resolviendo así el problema de transporte. Las piezas de pared de metal prefabricadas son fáciles de transportar con los medios ordinarios de transporte tal como camiones. La porción cuadrangular de las primeras piezas de pared de metal prefabricadas es esencialmente plana. La utilización de una porción cuadrangular esencialmente plana tiene la ventaja de que no hay necesidad de una curvatura localmente dependiente en la porción cuadrangular y, por tanto, es más fácil de producir. También es más conveniente durante el transporte de las piezas de pared de metal prefabricadas. La aplicación de este tipo de piezas de pared de metal prefabricadas hace que la pared exterior de la torre sea poligonal. También, mediante el uso de las piezas prefabricadas, el tamaño de la torre en la base ya no está limitado por las restricciones del transporte y una base más amplia puede ser utilizada. También permite la construcción de torres más altas debido a que el tamaño de la base ya no es un problema. La base más amplia resulta en una menor presión local sobre el cimiento, lo que permite usar un cimiento más simple. La base más amplia también contribuye a la rigidez de la torre, permitiendo de esta forma utilizar generadores de alta potencia en la parte superior de la torre. En una realización de la invención la torre está sustancialmente compuesta por piezas de pared de metal prefabricadas. La torre de acuerdo con esta realización se basa en piezas de pared de metal prefabricadas como elementos que soportan la carga, y son fácilmente distinguibles de las torres de concreto, donde una pieza de pared sirve como un molde para que el hormigón sea colado y donde, después del fraguado, el hormigón sirve como el principal material que soporta la carga. Debe ser notado que la torre de acuerdo con la invención no comprende hormigón como un material que soporta la carga en el lugar de las piezas de pared de metal prefabricadas. Debe ser notado también que es posible construir una torre de acuerdo con la invención en la parte superior de un cimiento o base de hormigón donde la base de hormigón se extiende hacia arriba, la base formando la parte inferior de la torre, y una torre de acuerdo con la invención formando la parte superior de la torre.

En la invención las primeras pestañas y las segundas pestañas de las piezas de pared de metal prefabricadas se extienden hacia el lado interior de la torre. Esto permite producir una torre donde la arista, formada por las pestañas adyacentes, está situada en el interior de la torre, dejando una apariencia exterior lisa. Un exterior liso conduce a un impacto reducido de la fuerza del viento sobre la torre y un exterior liso es considerado visualmente más atractivo.

En una realización de la invención, las piezas de

pared de metal prefabricadas tienen una altura y un ancho, al menos dos de las piezas de pared de metal prefabricadas tienen una altura que es alrededor de 2.5 veces mayor que el ancho del borde inferior, preferiblemente más de cinco veces mayor y más preferiblemente más de 10 veces mayor. Debe ser notado que la altura de las piezas de pared de metal prefabricadas es entendida como la distancia entre el borde inferior y el borde superior de las piezas de pared de metal prefabricadas cuando están presentes en la torre. Debe entenderse que la dirección de la longitud es definida en la dirección de la altura de la torre. Esto significa que la torre comprende piezas de pared de metal prefabricadas que son considerablemente más altas que anchas, resultando así en bordes laterales largos de porción esencialmente cuadrangular de las piezas de pared de metal prefabricadas y por lo tanto permitiendo que largas pestañas sean provistas al menos parcialmente en el borde lateral de la misma. Estas pestañas largas permiten un gran potencial de rigidez de la torre.

En la invención la primera pestaña de una pieza de pared de metal prefabricada está unida a la segunda pestaña de una segunda pieza de pared de metal prefabricada adyacente mediante medios de sujeción. Las pestañas están ahora conectadas fijamente, lo que aumenta el potencial de rigidez debido al doble espesor de la arista. Los medios de sujeción comprenden por ejemplo, una soldadura o un remache. En una realización preferida de la invención, los medios de sujeción comprenden tuercas y pernos. Esto permite fijar rápidamente la primera y segunda pestaña de dos paneles adyacentes el uno al otro. Los agujeros requeridos para que los pernos sean insertados dentro pueden estar ya presentes en las piezas de pared de metal prefabricadas o pueden ser perforados en el lugar donde se realiza la conexión entre los paneles adyacentes. El uso de tuercas y pernos también permite deshacer temporalmente la conexión, por ejemplo, para eliminar una pieza de pared de metal prefabricada de la construcción, o para sustituir una pieza de pared de metal prefabricada. También permite la fácil inspección en el lugar y/o fuera del lugar.

En una realización de la invención la porción esencialmente cuadrangular de las piezas de pared de metal prefabricadas es preferiblemente ortogonal o trapezoidal donde la longitud del primer borde lateral es aproximadamente igual a la longitud del segundo borde lateral y donde el borde inferior es más largo que el borde superior. En el caso de la construcción de una torre esencialmente cilíndrica, el uso de las piezas de pared de metal prefabricadas ortogonales es solicitado, en caso de la construcción de una torre cónica, piezas de pared de metal prefabricadas trapezoidales son solicitadas. Las torres cónicas permiten la construcción de una torre con una gran base y se hace más delgada con el incremento de la altura de la torre. El ahusamiento puede ser sobre toda la altura de la torre o sobre parte de la longitud de la torre. Lo último también puede ser logrado mediante el uso de piezas de pared de metal prefabricadas para formar esencialmente secciones de torre cilíndricas y mediante el uso de piezas de pared de metal prefabricadas para formar esencialmente secciones de torre cónicas y combinar estas secciones de la torre en una torre.

Las piezas de pared de metal prefabricadas deformadas pueden ser utilizadas en los niveles superiores de una torre o sección de torre cónicamente ahusada

para una turbina de viento donde los niveles inferiores son realizados usando piezas de pared de metal prefabricadas con una porción cuadrangular esencialmente plana, reduciendo así el número de piezas de pared de metal prefabricadas requeridas para un anillo pleno. Una pieza de pared de metal prefabricada con una deformación en la porción esencialmente cuadrangular en un anillo de nivel superior dado se enlazará con dos piezas de pared de metal prefabricadas que tienen una porción cuadrangular esencialmente plana en el anillo inmediatamente por debajo del anillo de nivel superior. En caso de que las piezas de pared de metal prefabricadas deformadas contengan más deformaciones, estas pueden enlazarse con un número correspondiente de piezas de pared de metal prefabricadas con una porción cuadrangular esencialmente plana. Será evidente que las piezas de pared de metal prefabricadas deformadas en un nivel inferior también pueden combinarse con piezas de pared de metal prefabricadas deformadas en el nivel superior.

En una realización de la invención la torre tiene una sección transversal horizontal esencialmente anular, de preferencia esencialmente circular. Una sección transversal horizontal esencialmente anular se obtiene también si una sección transversal horizontal poligonal se toma con un gran número de facetas, tales como un pentágono o hexágono. En aún otra realización las piezas de pared de metal prefabricadas cuadrangulares esencialmente planas también comprenderán al menos una deformación esencialmente en la dirección entre el borde inferior y el borde superior de la pieza de pared de metal prefabricada. La deformación (o deformaciones), por lo tanto, corren en la dirección de la altura de la torre. Con la deformación (o deformaciones) una mayor rigidez al pandeo de la pieza de pared de metal prefabricada es obtenida. También puede aumentar el número de facetas de la poligonal logrando así un exterior de la torre más liso.

La invención es también incorporada en una torre para una turbina de viento como se describió aquí anteriormente donde la primera pestaña es provista con una primera pestaña adicional a lo largo de al menos parte de la longitud de la primera pestaña y/o donde la segunda pestaña es provista con una segunda pestaña adicional a lo largo de al menos parte de la longitud de la segunda pestaña. Esto es ventajoso, por ejemplo, para un aumento adicional de la rigidez de la torre, particularmente cuando la primera pestaña y la segunda pestaña están provistas con una pestaña adicional, donde la primera pestaña con su respectiva pestaña adicional de preferencia esencialmente forma una L y/o donde la segunda pestaña con su respectiva pestaña adicional de preferencia esencialmente forma una L. Para los propósitos de esta solicitud, estas pestañas adicionales en la primera y/o segunda pestañas pueden ser usadas para fijar objetos a las mismas, como escaleras o pisos internos.

La invención es también incorporada en una torre para una turbina de viento, como se describió aquí anteriormente donde la primera y/o segunda pestañas son al menos parcialmente replegadas hacia la superficie de frente hacia adentro de la porción esencialmente cuadrangular de la pieza de pared de metal prefabricada, efectivamente duplicando así el espesor de las pestañas. Esta duplicación de las pestañas provoca una rigidez adicional de la construcción. Será evidente para el experto en la materia que la pestaña también

podría ser replegada dos veces o más veces contribuyendo al efecto de rigidez.

En una realización de la invención las piezas de pared de metal prefabricadas son piezas de acero, preferiblemente piezas de acero de alta resistencia, por ejemplo, con una fortaleza de alrededor de 355 MPa o superior. El uso de acero permite utilizar piezas de pared de metal de un pequeño espesor, lo que reduce el peso de la torre. El uso de piezas de pared de metal prefabricadas de acero de alta resistencia permite una reducción adicional del peso de la torre. Como resultado, el cimientado de la torre puede ser construido más eficientemente.

En una realización de la invención la primera pestaña de una primera pieza de pared de metal prefabricada está verticalmente y de manera escalonada unida a la segunda pestaña de una segunda pieza de pared de metal prefabricada adyacente por medios de sujeción. Esta aplicación de las piezas de pared de metal prefabricadas por una conexión tipo enlace estirado de las pestañas de dos piezas de pared de metal prefabricadas adyacentes también requiere la aplicación de piezas de pared de metal prefabricadas de diferentes longitudes, por lo menos en el primer y el último anillo de la torre o sección de la torre. La aplicación de esta conexión escalonada tiene la ventaja sobre la construcción de la torre a partir de anillos de piezas de pared de metal prefabricadas conectadas no escalonadamente conectadas que las fuerzas son conducidas a través de la construcción, sin tener que ser conducidas a través de las pestañas horizontales que conectan los anillos antes mencionados. La superposición en los bordes entre las piezas de pared de metal prefabricadas escalonadamente conectadas está entre 1:2 y 1:4, preferiblemente alrededor de 1:3, lo que significa que alrededor de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$ , preferiblemente alrededor de  $\frac{2}{3}$  de los bordes laterales respectivos de las piezas de pared de metal prefabricadas adyacentes se solapan.

En otra realización de la invención la circunferencia de la torre consiste de n piezas de pared de metal prefabricadas colocadas adyacentemente, donde el ángulo entre la primera pestaña y la segunda pestaña es  $360/n$ .

Cuando se construye una torre de acuerdo con la invención, no hay necesidad de una grúa de alta capacidad para levantar las secciones de la torre una encima de la otra en el lugar donde se construye la torre. Una grúa para edificaciones relativamente pequeñas será adecuada para levantar una pieza de pared de metal prefabricada a la vez, excepto en el caso que las secciones de la torre de la torre completa sean construidas a partir de piezas de pared de metal prefabricadas que sean luego izadas sobre el cimientado o la sección de la torre ya presente. En este caso, una grúa más potente es requerida.

La ausencia de soldaduras horizontales en las torres de acuerdo con la invención elimina una fuente conocida de rotura debido a la fatiga, permitiendo de esta forma aliviar las restricciones de diseño por ejemplo, permitiendo usar placa de metal de calibre más fino. Los lugares donde un borde inferior de una primera pieza de pared de metal prefabricada toca un borde superior de una pieza de pared de metal prefabricada que se encuentra inmediatamente por debajo de la primera pieza de pared de metal prefabricada pueden ser sellados mediante el uso de medios de sellado, por ejemplo un sellador. Esto previene que la atmósfera exterior entre en la estructura y previene la

corrosión. Los lugares donde la primera pestaña de una pieza de pared de metal prefabricada está conectada a la segunda pestaña de la pieza de pared de metal prefabricada adyacente puede, si así se desea, también ser sellada utilizando medios de sellado, tal como un sellador.

Aunque no forma parte de la presente invención, la torre podría ser provista con medios de rigidez, tal como uno o más anillos de rigidez de preferencia sustancialmente horizontales. Estos medios de rigidez son preferiblemente provistos en el interior de la torre para absorber las fuerzas horizontales ejercidas sobre la torre. Estos medios de rigidez pueden ser provistos a diferentes alturas de la torre. Las piezas de pared de metal prefabricadas están conectadas al anillo obteniendo por lo tanto una rigidez incrementada de la torre. Postes de conexión adicionales pueden ser usados para conectar las piezas de pared de metal prefabricadas con el anillo. Los medios de rigidez también pueden ser formados por pisos internos, o los medios de rigidez, tal como un anillo de rigidez a lo largo de la circunferencia interna de la torre, puede proporcionar la base para el piso o pisos interiores. Los medios de rigidez también pueden contribuir a la distribución equitativa de las cargas y fuerzas sobre toda la circunferencia de la torre.

Las piezas de pared de metal prefabricadas pueden ser producidas por ejemplo a partir de metal laminado en caliente usando una tecnología comúnmente conocida. El metal laminado en caliente puede ser material plano o material enrollado. Este material, después de una nivelación opcional se puede cortar en la forma y dimensiones deseadas y las pestañas se pueden formar en los bordes de la porción esencialmente cuadrangular de las piezas de pared de metal prefabricadas usando técnicas de flexión convencionales. La deformación o deformaciones pueden igualmente ser fácilmente introducidas. Las piezas de pared de metal prefabricadas pueden ser recubiertas antes de su uso en la torre por ejemplo con zinc y/o un recubrimiento orgánico para alargar la vida útil y reducir el mantenimiento.

Las piezas de pared de metal prefabricadas pueden comprender también funcionalidad incorporada adicional como una puerta para entrar en el interior de la torre. Las estructuras internas como escaleras y pisos pueden ser fácilmente instaladas.

La presente invención se explicará ahora con más detalles mediante los siguientes dibujos y ejemplos no limitativos.

En estos dibujos:

La Figura 1 es una representación esquemática de una turbina de viento;

La Figura 2 es una representación esquemática de una torre para una turbina de viento de acuerdo con el estado de la técnica (no a escala);

La Figura 3 es una representación esquemática de torres para una turbina de viento de acuerdo con la invención (no a escala);

La Figura 4 es una representación esquemática de una pieza de pared de metal prefabricada de acuerdo con la invención (no a escala);

La Figura 5 es una sección transversal esquemática del primer anillo de una torre para una turbina de viento resaltando también una representación esquemática de la conexión con pernos;

La Figura 6 es una representación esquemática de una pestaña en forma de L.

La Figura 7 es una representación esquemática de la construcción de la torre en el lugar de un anillo de rigidez. Como se indicó anteriormente, esta realización no forma parte de la presente invención.

En la Figura 1 una representación esquemática de una turbina de viento 1 es mostrada. La turbina de viento 1 comprende un generador 2, un rotor 3 y una torre 4 en la que la combinación del generador y el rotor está montada. La torre 4 tiene una superficie exterior que forma la parte exterior de la torre 4 y una superficie interior que forma la parte interior de la torre. La torre consiste de cuatro secciones de torre 4a-4d. La turbina de viento se coloca sobre un cimiento 19.

En la figura 2 una torre 4 para una turbina de viento de acuerdo con el estado de la técnica es mostrada. Los segmentos de la torre 4a, 4b, 4c y 4d son montados uno encima de otro. Estos segmentos de la torre se hacen fuera del lugar y se conectan a través de las pestañas horizontales y pernos y tuercas grandes. Estas pestañas están indicadas esquemáticamente por líneas horizontales gruesas entre las secciones de la torre. Los segmentos de la torre están hechos de placas curvadas que son soldadas juntas horizontal y verticalmente. Estas soldaduras, indicadas con la línea de puntos, son conocidas por ser una posible fuente de rotura debido a la fatiga, en particular las soldaduras horizontales. Para una torre de alrededor de 80 metros de altura, una base de alrededor de 4.3 m y un diámetro de la parte superior de alrededor de 2.3 m es comúnmente usado. La dimensión de la base está limitada por las limitaciones de transporte.

En la figura 3a una torre 4 para una turbina de viento de acuerdo con la invención es mostrada, donde las piezas de pared de metal prefabricadas escalonadas cada una escalona por encima de alrededor de la mitad de la longitud de la pieza de pared de metal prefabricada colindante y la figura 3b muestra una torre donde las piezas de pared de metal prefabricadas escalonadas cada una escalona por encima de alrededor de la tercera parte de la longitud de la pieza de pared de metal prefabricada colindante. La base de la torre es de alrededor de 6.5 m de diámetro mientras que la parte superior de la torre tiene un diámetro de alrededor de 2.3 m. El diámetro de la base de 6.5 m no plantea problemas de transporte ya que puede ser transportada al lugar de la obra en piezas. El aumento del ancho de la base de la torre aumenta la rigidez de la torre. También permite la construcción de torres más altas con suficiente rigidez para instalar las turbinas de viento de alta potencia.

La Figura 4a muestra una realización de una pieza de pared de metal prefabricada 5 de acuerdo con la invención para su uso en una torre 4 para una turbina de viento 1 como se describió aquí anteriormente. La pieza de pared de metal prefabricada 5 se caracteriza porque la pieza de pared comprende una porción esencialmente cuadrangular 6 que tiene una superficie de frente hacia afuera 7 de frente al exterior de la torre y una superficie de frente hacia adentro 8 de frente al interior de la torre, dicha porción teniendo de un borde superior 9, un borde inferior 10, un primer borde lateral 11 y un segundo borde lateral 12, donde el primer borde lateral 11 es provisto con una primera pestaña 13 a lo largo de al menos parte de la longitud del primer borde lateral 11 y donde el segundo borde lateral 12 es provisto con una segunda pestaña 14 a lo largo de al menos parte de la longitud del segundo borde lateral 12. La primera pestaña 13

es provista con una primera de pestaña adicional 15 que esencialmente forma una L con la primera pestaña 13 y la segunda pestaña 14 es provista con una segunda pestaña adicional 16 que esencialmente forma una L con la segunda pestaña 14. Las piezas de pared de metal prefabricadas no se han tomado a escala. La sección transversal A-A es mostrada en la figura 4b. Las dimensiones típicas de tales piezas de pared de metal prefabricadas para el anillo inferior de una torre o segmento de torre cónica debe ser de un ancho en el borde superior 9 de entre alrededor de 0.60 y 1.00 m, por ejemplo alrededor de 0.86 m, un ancho en el borde inferior 10 de entre alrededor de 1.30 y 0.70 m, por ejemplo alrededor de 1.04 m, una altura de entre alrededor de 10 y 20 metros, por ejemplo, 20 metros, y una altura de la primera pestaña 13 y la segunda pestaña 14 extendida de entre 0.10 y 0.20 m, por ejemplo de alrededor de 0.15 m. Un espesor típico de la pieza de pared de metal prefabricada sería entre 8 y 16 mm, por ejemplo alrededor de 12 mm.

En la Figura 5a una sección transversal esquemática del primer anillo de la torre para una turbina de viento es mostrada. La sección transversal esencialmente circular de la torre en este ejemplo se compone de dieciocho piezas de pared de metal prefabricadas 5. El exterior de la torre se indica por 4', el interior de la torre se indica por 4". En esta realización de la invención, la primera pestaña de cada una de las piezas de pared de metal prefabricadas se une a la segunda pestaña de las piezas de pared de metal prefabricadas adyacentes mediante pernos y tuercas que se pasan a través de agujeros en la primera y segunda pestaña. La figura 5b muestra una parte del primer anillo con las piezas de pared de metal prefabricadas 5 y las tuercas y pernos 17.

En la figura 6 se muestra una representación esquemática de la pestaña en forma de L 18 que puede ser usada para unir las piezas de pared de metal prefabricadas del primer anillo al cimientto 19 de la torre, o al anillo en la parte superior al cual el generador está unido.

En la figura 7 una representación esquemática de parte de la construcción de la torre en el lugar de un anillo de rigidez es mostrado. Como se indicó anteriormente, esta realización no forma parte de la presente invención. Las piezas de pared de metal prefabricadas escalonadamente conectadas, adyacentes son conectadas usando una superposición en los bordes (es decir, en una conexión tipo enlace estirado) de 1:3 y también son conectadas al anillo de rigidez 20 usando postes de conexión 21. Como se observa, estos postes de conexión 21 están conectados a las pestañas 13, 14 (véase la figura 4) de las piezas de pared de metal prefabricadas por un lado, y a anillos de rigidez 20 por el otro lado. En la figura 7 cuatro piezas de pared de metal prefabricadas son mostradas las que son indicadas con A, B, C y D. El borde inferior de la parte A y el borde superior de la parte B son adyacentes. El primer borde lateral de la parte A es adyacente y conectado al segundo borde lateral de la parte C por sus pestañas adyacentes y medios de sujeción (no mostrados). Los postes de conexión 21 se extienden por encima y por debajo del anillo de rigidez 20, permitiendo de esta forma conectar fijamente los bordes laterales de la parte superior A a los bordes laterales de la parte inferior B. Debido a la superposición 1:3 en este ejemplo sólo alrededor de 1/3 de la circunferencia de la torre tiene una costura horizontal,

en o cerca de la ubicación del anillo de rigidez. En el ejemplo de la figura 8 la costura horizontal entre la parte A y B está situada cerca del anillo de rigidez 20.

Para construir una torre para una turbina de viento de acuerdo a la invención es posible formar primero un anillo completo de la torre uniendo al menos dos piezas de pared de metal prefabricadas adyacentes a lo largo de sus pestañas adyacentes. Este primer anillo completo puede ser conectado a un cimientto esencialmente horizontal y esencialmente plano para la torre. Por supuesto, el mismo resultado se obtiene cuando se parte de una primera pieza de pared de metal prefabricada que es unida al cimientto después de lo cual una segunda pieza de pared de metal prefabricada es unida a la primera pieza de pared de metal prefabricada y al cimientto. Del mismo modo, el siguiente anillo completo puede ser construido sobre un anillo ya presente, primero construyendo todo el anillo y posteriormente elevándolo sobre la parte superior del anillo ya presente, o conectando las piezas de pared de metal prefabricadas al anillo ya presente y a cada uno de los otros uno por uno, el primer procedimiento requiriendo una grúa de mayor capacidad que en el último procedimiento. Los anillos son adicionados a los anillos ya presentes, hasta que la altura deseada de la torre es obtenida.

La conexión entre el primer anillo completo y el cimientto puede ser lograda usando una pestaña que está conectada al cimientto. En caso de la utilización de piezas de pared de metal prefabricadas con una porción cuadrangular esencialmente plana o deformada, las pestañas pueden ser pestañas simples en forma de L.

Para construir una torre para una turbina de viento de acuerdo con la invención es posible primero formar un anillo completo de la torre uniendo al menos dos piezas de pared de metal prefabricadas adyacentes a lo largo de sus pestañas adyacentes verticalmente de manera escalonada. Esto implica la utilización de piezas de pared de metal prefabricadas de diferentes longitudes. En el ejemplo de la figura 3a, las piezas de pared de metal prefabricadas en toda su longitud son combinadas con piezas de pared de metal prefabricadas de la mitad de esa longitud, mientras que en el ejemplo de la figura 3b, las piezas de pared de metal prefabricadas en toda su longitud son combinadas con piezas de pared de metal prefabricadas de 2/3 y 1/3 de esa longitud (es decir, una superposición de 1:3). Por supuesto, también es posible escalonar las piezas de pared de metal prefabricadas de manera diferente a la mencionada en la figura 3. Estas realizaciones son también consideradas como parte de la invención. Después que el primer anillo ha sido completado y conectado al cimientto, el resto de la torre se construye usando piezas de pared de metal prefabricadas esencialmente en toda su longitud. En el último anillo completo, piezas de pared de metal prefabricadas de diferentes longitudes tienen que ser usadas para hacer el borde superior del último nivel de anillos. Por supuesto, también es posible el uso de piezas de pared de metal prefabricadas de no toda la longitud en otras partes de la torre, si así se desea. Esta unión escalonada de las piezas de pared de metal prefabricadas proporciona una gran rigidez de la torre, sin introducir pestañas horizontales completamente anulares o circulares para conectar las secciones de la torre. Cuando se construye la torre de acuerdo con la invención, la torre puede ser construida de arriba abajo empezando

do por la construcción de la parte superior de la torre, mientras que es suspendida en una construcción yugo, la construcción yugo siendo provista con medios de elevación, tal como un gato hidráulico. Completando primero un anillo completo de la torre, preferiblemente mediante la conexión de las piezas de pared de metal prefabricadas escalonadamente, justamente sobre el nivel del suelo, y posteriormente elevando el anillo usando el yugo y gatos, las siguientes partes también pueden ser montadas justo por encima del nivel del suelo. De esta forma, no hay necesidad de grúas muy altas durante la construcción de la torre, y la construcción puede ser fundamentalmente realizada justo por encima del nivel del suelo, donde las fuerzas del

viento suelen ser más moderadas que el aire en lo alto. Asimismo, cualquier corrección de la alineación es más fácil de realizar. Otra ventaja de este método de arriba abajo o de empuje es que es más práctico encajar un anillo rígido desde abajo en una construcción cónica y simultáneamente usarlo para alinear las piezas de pared de metal prefabricadas y opcionalmente para corregir cualquier desalineación.

Por supuesto, es de entenderse que la presente invención no se limita en modo alguno a las realizaciones descritas y los ejemplos descritos anteriormente, sino que abarca todas y cada una de las realizaciones dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Torre (4) para una turbina de viento (1) donde la torre (4) tiene un lado exterior (4') y un lado interior (4'') y donde la torre está al menos parcialmente compuesta por piezas de pared de metal prefabricadas (5) donde cada pieza de pared comprende una porción esencialmente cuadrangular y esencialmente plana (6) que tiene una superficie de frente hacia afuera (7) en la dirección del exterior de la torre y una superficie de frente hacia adentro (8) en la dirección del interior de la torre, dicha porción teniendo un borde superior (9), un borde inferior (10), un primer borde lateral (11) y un segundo borde lateral (12), donde el primer borde lateral (11) es provisto con una primera pestaña (13) a lo largo de al menos parte de la longitud del primer borde lateral (11) y donde el segundo borde lateral (12) es provisto con una segunda pestaña (14) a lo largo de al menos parte de la longitud del segundo borde lateral (12), donde la primera pestaña (13) de la pieza de pared de metal prefabricada (5) está unida a la segunda pestaña (14) de una pieza de pared de metal prefabricada (5) por medios de fijación (17), **caracterizada** porque las primeras pestañas (13) y las segundas pestañas (14) de las piezas de pared de metal prefabricadas (5) se extienden hacia el lado interior (4'') de la torre, donde la torre (4) tiene una sección transversal horizontal esencialmente anular, y donde las piezas de pared de metal prefabricadas no son usadas como una concha de acero interior y exterior para colar el hormigón.

2. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a la reivindicación 1 para una turbina de viento de 2 MW y superior.

3. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a la reivindicación 1 o 2 donde las piezas de pared de metal prefabricadas (5) tienen una altura y un ancho, y donde al menos dos de las piezas de pared de metal prefabricadas (5) tienen una altura que es alrededor de 2.5 veces mayor que el ancho del borde inferior (10), preferiblemente más de cinco veces mayor, más preferiblemente más de 10 veces mayor.

4. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 donde los medios de fijación (17) comprenden tuercas y pernos.

5. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 donde la porción esencialmente cuadrangular (6) de las piezas de pared de metal prefabricadas (5) es de preferencia esencialmente rectangular donde la longitud del primer borde lateral (11) es aproximadamente igual a la longitud del segundo borde lateral (12) y donde el borde inferior (10) es aproximadamente igual a la longitud del borde superior (9), o donde la porción esencialmente cuadrangular (6) de las piezas de pared de metal prefabricadas (5) es esencialmente trapezoidal donde la longitud del primer borde lateral (11) es aproximadamente igual a la longitud del

segundo borde lateral (12) y donde el borde inferior (10) es más largo que el borde superior (9).

6. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 donde la torre (4) tiene una sección transversal horizontal esencialmente circular.

7. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 donde la porción cuadrangular (6) de la pieza de pared de metal prefabricada (5) es esencialmente plana, y donde la porción esencialmente cuadrangular (6) de la pieza de pared de metal prefabricada (5) también comprende al menos una deformación esencialmente en la dirección entre el borde inferior (10) y el borde superior (9) de la pieza de pared de metal prefabricada (5).

8. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 donde la primera pestaña (13) es provista con una primera pestaña adicional (15) y/o donde la segunda pestaña (14), es provista con una segunda pestaña adicional (16).

9. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 donde las primeras pestañas (13) y/o las segundas pestañas (14) son al menos parcialmente plegadas hacia la superficie de frente hacia adentro (8) de la porción esencialmente cuadrangular (6) de la pieza de pared de metal prefabricada (5) para al menos parcialmente, duplicar el espesor de las primeras pestañas (13) y/o de las segundas pestañas (14).

10. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 donde las piezas de pared de metal prefabricadas (5) son piezas de acero, preferiblemente piezas de acero de alta resistencia.

11. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 donde la primera pestaña (13) de al menos una pieza de pared de metal prefabricada (5) está unida verticalmente de manera escalonada a la segunda pestaña (14) de una pieza de pared de metal prefabricada (5) por medios de fijación (17), preferiblemente donde más de la mitad de las piezas de pared de metal prefabricadas (5) adyacentemente colocadas están unidas verticalmente de manera escalonada.

12. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 donde la circunferencia de la torre consiste de  $n$  piezas de pared de metal prefabricadas adyacentemente colocadas, donde el ángulo entre la primera pestaña (13) y la segunda pestaña (14) es  $360/n$ .

13. Torre (4) para una turbina de viento (1) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 donde la torre está sustancialmente compuesta de piezas de pared de metal prefabricadas.

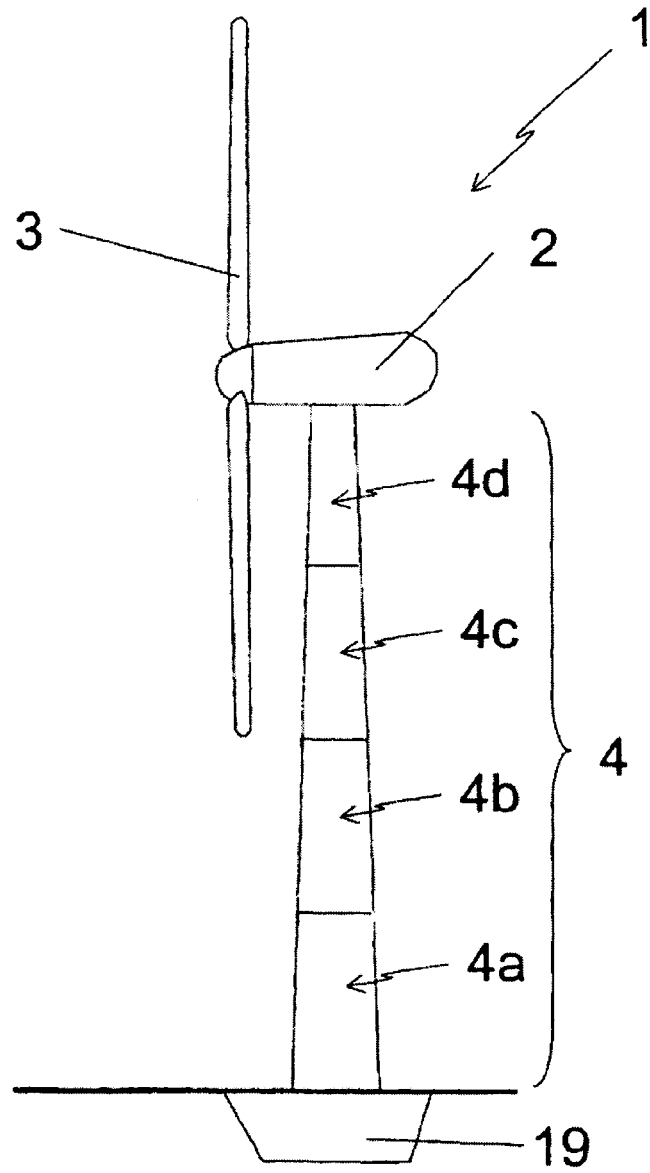


Fig. 1

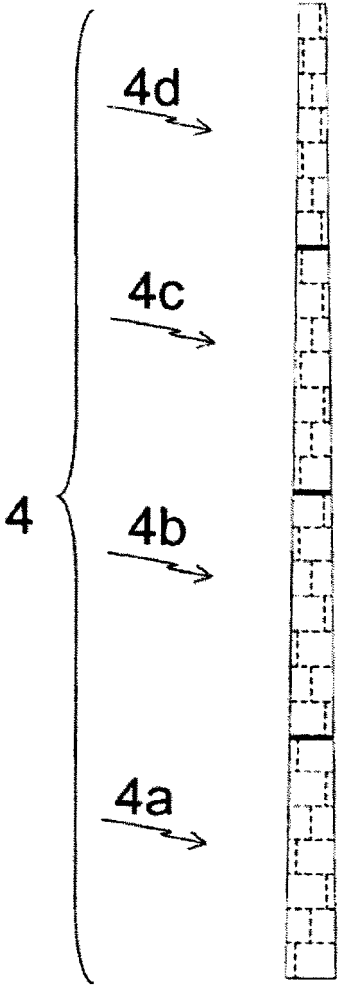


Fig. 2

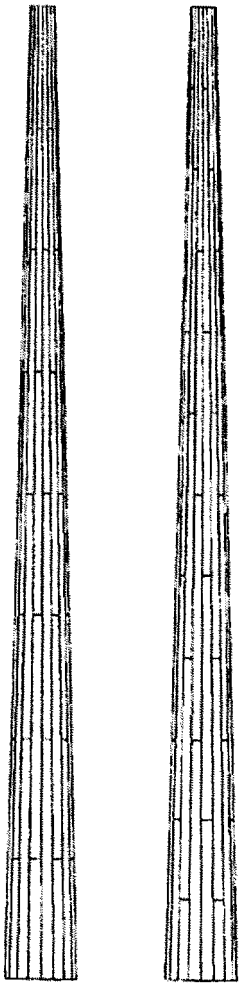


Fig. 3

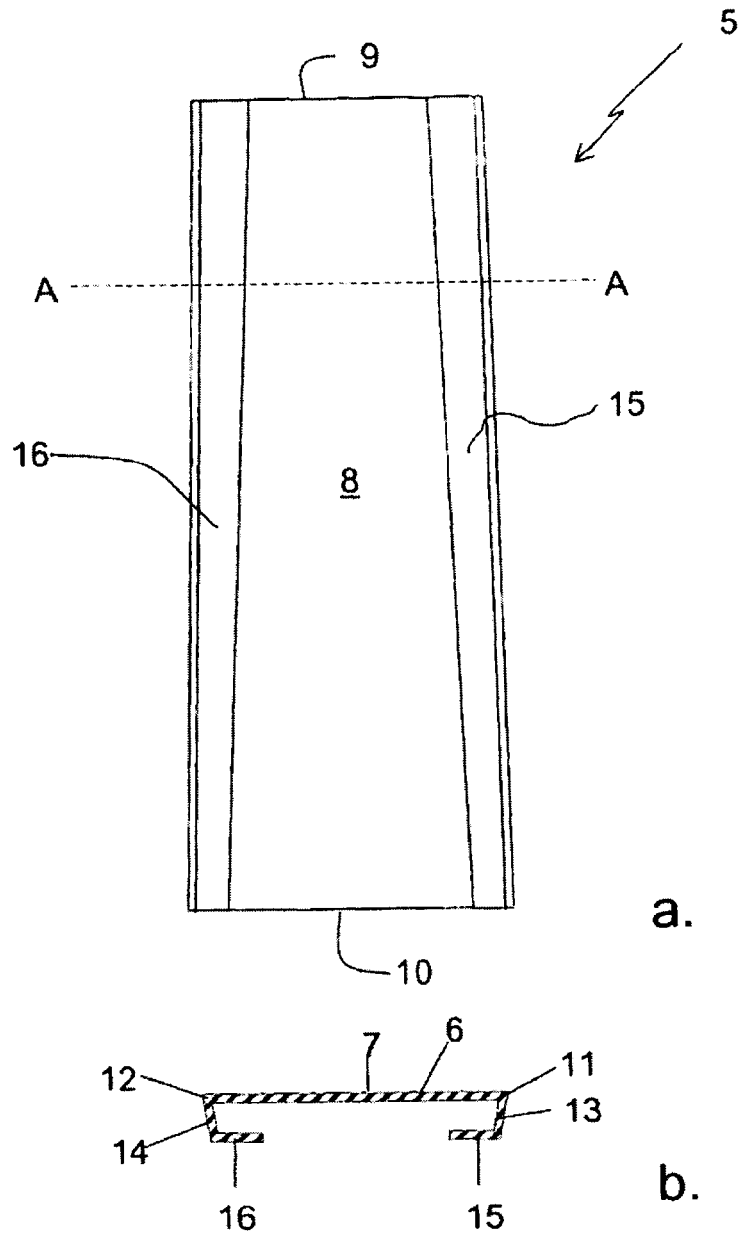
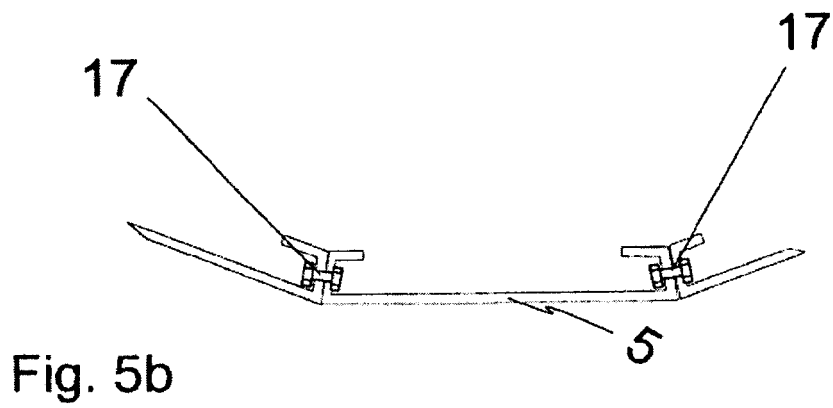
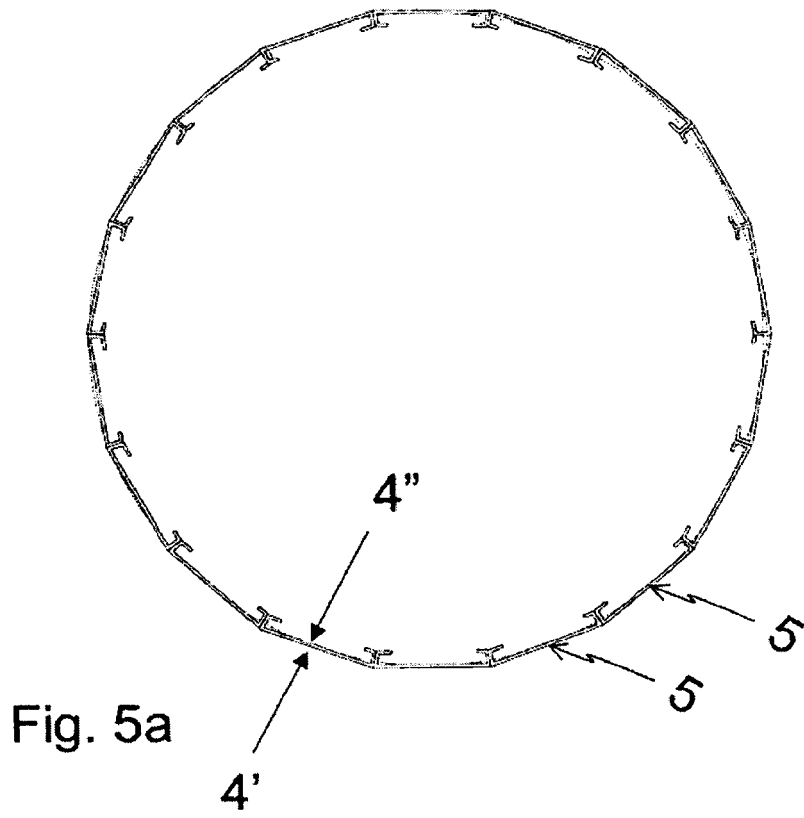


Fig. 4



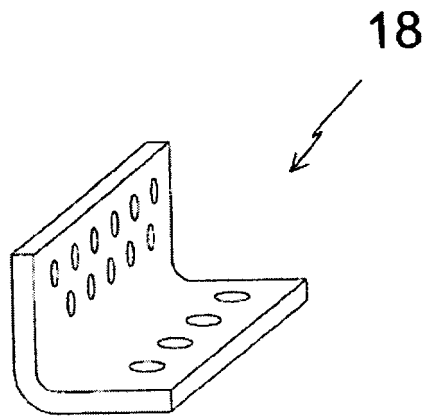


Fig. 6

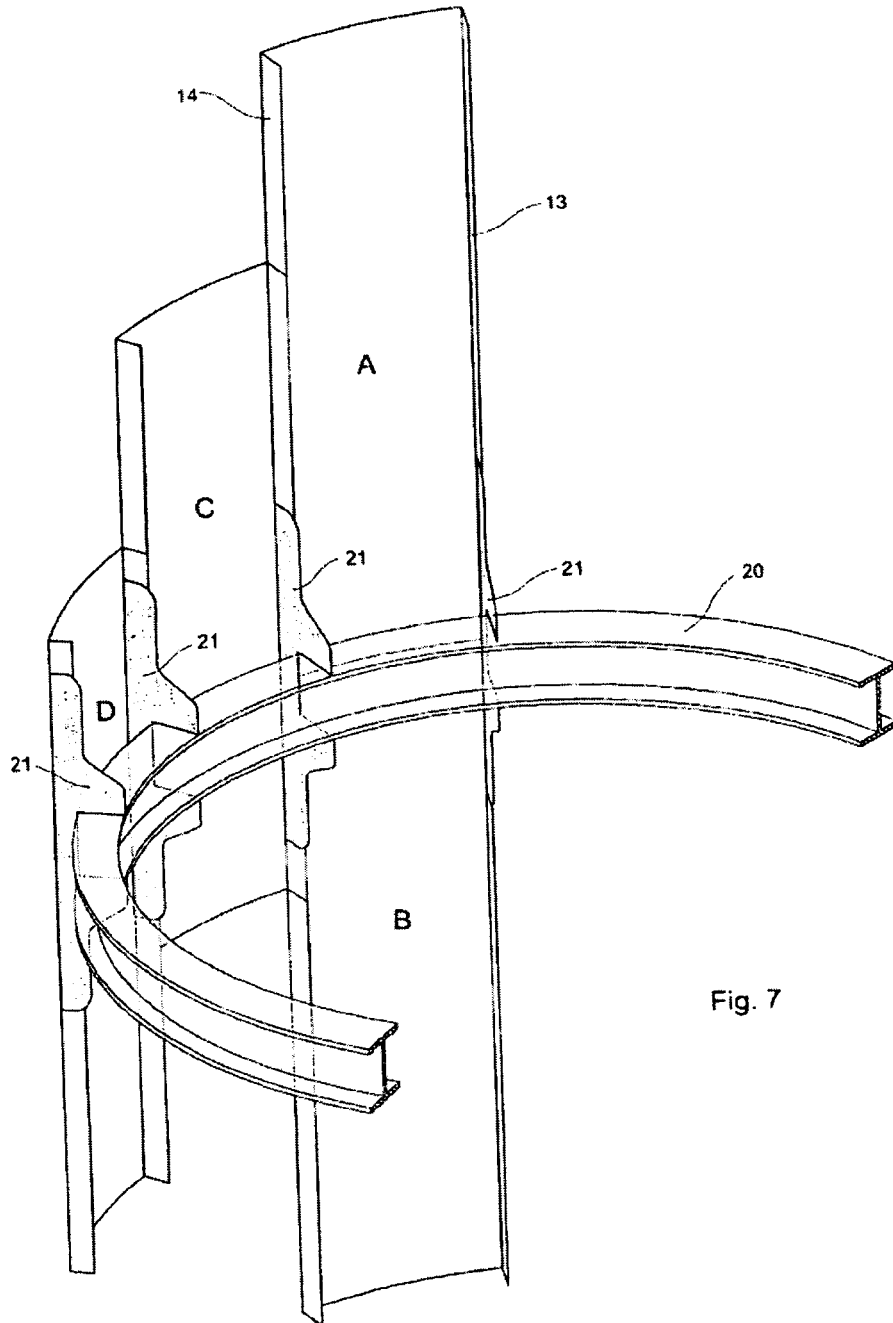


Fig. 7