

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 058**

51 Int. Cl.:  
**E04H 12/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **01969376 .1**  
96 Fecha de presentación: **12.07.2001**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1303676**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.04.2003**

54 Título: **Torre de elementos prefabricados de hormigón pretensado**

30 Prioridad:  
**12.07.2000 DE 10033845**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**04.04.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**04.04.2012**

73 Titular/es:  
**ALOYS WOBEN  
ARGESTRASSE 19  
26607 AURICH, DE**

72 Inventor/es:  
**Wobben, Aloys**

74 Agente/Representante:  
**López Bravo, Joaquín Ramón**

ES 2 378 058 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 de elementos prefabricados de hormigón pretensado.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para erigir una torre de elementos prefabricados de hormigón pretensado y un dispositivo para la realización ventajosa del procedimiento. En general se conocen las torres de elementos prefabricados de hormigón pretensado y se utilizan para las finalidades de uso más variadas. Como ejemplo se menciona aquí la utilización como soporte de antenas para dispositivos de telecomunicaciones.

10 Como estado de la técnica respecto a la unión de elementos prefabricados de hormigón pretensado se remite a los documentos FR-A-2 775 492, FR-A-1 249 458, DE-U1-298 09 541 así como WO 86/02689. El documento DE-U1-298 09 541 da a conocer también en particular la utilización de elementos prefabricados de hormigón para erigir las torres de una instalación de energía eólica.

15 El uso de elementos prefabricados de hormigón pretensado, frente a erigir torres con un encofrado ascendente o un encofrado deslizante, tiene la ventaja de una posibilidad de fabricación más favorable económicamente de los elementos prefabricados bajo condiciones predeterminadas. De este modo ya se puede realizar una gran parte del trabajo lejos del lugar de construcción. Además, así es posible satisfacer mejor requerimientos de calidad predeterminados y supervisar su cumplimiento y la torre se puede erigir luego en el lugar de construcción en poco tiempo.

20 Para ello los elementos prefabricados de hormigón pretensado se ensamblan en la obra con tubos envolventes incorporados en la pared de la torre para los medios de sujeción. En este caso para la conexión de los elementos prefabricados individuales como segmentos de la torre unos bajo otros se aporta una mezcla de hormigón en las juntas entre los segmentos, a fin de conseguir una unión no positiva plana entre los elementos prefabricados. Los medios de sujeción recogidos en los tubos envolventes se sujetan acto seguido y luego se rellenan los tubos envolventes bajo una presión elevada con una pasta de hormigón y se presionan para producir una conexión íntima entre medios de sujeción y torre.

25 La compresión de los medios de sujeción en los tubos envolventes se debe realizar bajo una presión elevada, para que la pasta de hormigón ascienda en los tubos envolventes y ésta se pueda rellenar hasta la punta de la torre con la presión necesaria. Esta presión necesaria puede alcanzar en torres de 80 m de altura de todos formas valores de 20 MPa. Con ello en el estado de la técnica existe sin embargo el problema de que la pasta de hormigón bajo una elevada presión puede salir en las juntas entre segmentos individuales, dado que el hormigón es frágil y poroso entre ellos a causa de sus propiedades de material y por ello la transición entre los segmentos no está obturada de forma segura.

30 Por ello puede ser necesario prever un acceso para la inyección de la pasta de hormigón comenzando con el segmento inferior y ascendiendo en la torre en cada junta entre segmentos situados superpuestos y suministrar allí la pasta de hormigón, a fin de presionar los tubos envolventes del respectivo segmento situado encima.

35 En Alemania como medios de sujeción entran en consideración barras de sujeción y cordones tensores. No obstante, el uso de barras de sujeción está sujeto a la limitación de que se pueden usar exclusivamente en recorridos de sujeción rectos. No obstante, por consiguiente están limitadas las posibilidades para el contorno de una torre de elementos prefabricados de hormigón pretensado al usar barras de sujeción, ya que éstas siempre deben ser rectilíneas. Es decir, es posible erigir una torre cónica con barras de sujeción en tanto que la sección transversal de la torre se estrecha de forma rectilínea.

40 Por ello para erigir una torre cónica con contorno curvo sólo entra en consideración el uso de un cordón tensor. El cordón tensor se hace pasar desde la punta de la torre de forma pasante en el tubo envolvente de los segmentos hasta el pie de la torre o desde el pie de la torre de forma pasante hasta la punta de la torre. En este caso se produce además el problema de que el cordón tensor debe salvar las juntas entre los segmentos individuales desde la punta de la torre hasta la zona de pie a lo largo del contorno curvado. No obstante, debido a la curvatura siempre existe el peligro de que el cordón no siga a la curvatura en particular en una junta semejante, sino que se fije en la junta y sólo se pueda reconducir con un gran esfuerzo.

45 La invención tiene por ello el objetivo de especificar un procedimiento para erigir una torre de elementos prefabricados de hormigón pretensado y un dispositivo para la realización ventajosa del procedimiento, mediante los que se eliminen o al menos mitiguen los problemas mencionados anteriormente en el estado de la técnica.

50 Según la invención el objetivo se resuelve con una torre de una instalación de energía eólica con las características de la reivindicación 1. Variantes ventajosas se describen en las reivindicaciones dependientes.

Según la invención está previsto un dispositivo configurado en forma de embudo. En este caso el lado del dispositivo en forma de embudo con la sección transversal más pequeña presenta una sección transversal que se corresponde esencialmente con la sección transversal de un tubo envolvente, que está incorporado en los segmentos. El dispositivo

- 5 en forma de embudo está previsto por encima de un tubo envolvente y está orientado con el lado con la sección transversal más pequeña hacia el tubo envolvente. De este modo un cordón tensor hecho pasar desde la punta de la torre llega en primer lugar al lado con la sección transversal mayor y se conduce de esta hacia la sección transversal más pequeña. Ya que esta sección transversal más pequeña se corresponde esencialmente con la sección transversal de un tubo envolvente, el cordón tensor llega por consiguiente de forma plana al tubo envolvente del siguiente segmento situado por debajo.
- 10 En una forma de realización preferida de la invención, en el lado del dispositivo con la sección transversal más pequeña está montada una sección tubular con esencialmente la misma sección transversal. Esta sección tiene una longitud predeterminada que se mide por un lado de forma que puede encajar de forma segura en el tubo envolvente, pero por otro lado el gasto de material y por consiguiente los costes quedan dentro de límites aceptables.
- En una forma de realización especialmente preferida de la invención, esta sección tubular y el dispositivo están realizados en una pieza y en la zona de la sección tubular está provista de una rosca exterior con la que se puede enroscar en el tubo envolvente. Mediante esta disposición se puede establecer una conexión especialmente sencilla y segura entre el dispositivo en forma de embudo y el tubo envolvente.
- 15 El dispositivo está configurado en particular preferiblemente de forma que en el perímetro exterior está prevista una posibilidad de recepción para, por ejemplo, una junta de estanqueidad. Esta posibilidad de recepción puede circundar completamente el borde exterior del dispositivo y por consiguiente contribuye a una sujeción segura de la junta de estanqueidad.
- 20 Para contrarrestar el problema de la salida de la pasta de hormigón durante la compresión de los tubos envolventes, según la invención está prevista una junta de estanqueidad que se inserta entre dos segmentos allí donde los tubos envolventes están enfrentados en los segmentos. La junta de estanqueidad presenta una altura que se corresponde al menos con la distancia prevista de los segmentos a fin de conseguir un efecto de obturación.
- En una forma de realización especialmente preferida de la invención, la junta de estanqueidad es más alta que la distancia predeterminada entre los segmentos en un valor mayor que la rugosidad superficial.
- 25 Ya que la junta de estanqueidad y el dispositivo en forma de embudo están previstos sobre el perímetro de los segmentos en posiciones en las que los tubos envolventes incorporados están enfrentados, la junta de estanqueidad presenta preferiblemente la misma forma en sección transversal que el dispositivo en forma de embudo.
- 30 La anchura interior de la junta de estanqueidad hacia el segmento dispuesto por debajo de la misma aumenta de forma especialmente preferida, mientras que el lado de la junta de estanqueidad que se dirige hacia el segmento dispuesto por encima de la junta de estanqueidad presenta al menos el mismo tamaño de la sección transversal en su anchura interior que cada uno de los tubos envolventes en el segmento. De este modo se produce un ensanchamiento de la sección transversal de la junta de estanqueidad hacia el dispositivo en forma de embudo, de tal manera que se puede utilizar completamente su ventaja.
- 35 En una forma de realización preferida en adelante de la invención, la superficie periférica exterior de la junta de estanqueidad sigue esencialmente el cambio de la anchura interior y se reduce por ello en la dirección hacia la sección transversal más pequeña. De este modo esta zona de la pared de la junta de estanqueidad permanece suficientemente deformable como sección superior de la junta de estanqueidad y debido a la presión que aparece dentro de la junta de estanqueidad se presiona hacia fuera y por consiguiente contra el segmento adyacente.
- 40 La transición entre la pared interior y la pared exterior de la sección superior de la junta de estanqueidad está configurada de forma que discurre con un ángulo agudo respecto a la pared exterior y un ángulo obtuso respecto a la pared interior y por consiguiente esencialmente verticalmente.
- De este modo también en la sección superior de la junta de estanqueidad, presionada hacia abajo horizontalmente, se produce en la transición entra la pared interior y exterior una fuerza que presiona la junta de estanqueidad con su sección superior más fuertemente contra el segmento, ya que la transición también presenta en esta situación todavía una superficie que discurre hacia arriba.
- 45 En una forma de realización especialmente preferida de la invención, en el lado inferior de la junta de estanqueidad, el lado con la sección transversal mayor, está conformado un collar que se corresponde en sus dimensiones y su forma con el dispositivo de recepción previsto en el dispositivo en forma de embudo para una junta de estanqueidad. De este modo la junta de estanqueidad se puede sujetar de forma segura en su posición, de modo que se impide un desplazamiento de la junta de estanqueidad y un perjuicio en el proceso de montaje.
- 50 En una variante preferida la junta de estanqueidad según la invención presenta un saliente periférico, orientado hacia fuera por encima del collar en su perímetro exterior. Este saliente tiene una altura y anchura predeterminadas y sobresale en esta medida del borde periférico superior del dispositivo. Este saliente aumenta por un lado la resistencia

a la flexión del collar recibido en el dispositivo y sirve por otro lado como barrera para una masa compuesta entre los segmentos, a fin de impedir que al erigir la torre esta masa compuesta llegue al lado superior de la junta de estanqueidad.

5 Para simplificar el desarrollo del trabajo en particular en el lugar de construcción, según una forma de realización preferida de la invención el dispositivo se puede integrar en el segmento con una orientación correspondiente ya durante la fabricación de los segmentos. En este caso éste se integra de forma especialmente preferida de modo que el borde superior del dispositivo, así el lado con la sección transversal mayor, termina enrasado con el lado superior del segmento.

10 En otra forma de realización de la invención, durante la fabricación de los segmentos se configura la forma del dispositivo en forma de embudo en la pared del segmento. De este modo con la misma funcionalidad se puede ahorrar, por un lado, el material para el dispositivo y, por otro lado, el paso de trabajo de la inserción del dispositivo.

Para evitar que sólo se desplacen las juntas, la distancia entre la abertura del dispositivo en el lado del tubo envolvente y el borde adyacente del tubo envolvente es despreciablemente pequeño de modo que el dispositivo en forma de embudo y el tubo envolvente se convierten uno en otro.

15 Para reducir los problemas del transporte y manipulación, en una forma de realización especialmente preferida de la invención cada segmento completo está dividido en paralelo a su eje vertical en al menos dos segmentos parciales.

20 En otra forma de realización especialmente preferida de la invención, al erigir la torre de segmentos se utiliza un polímero, como por ejemplo resina epoxi, como masa compuesta entre los segmentos en lugar del hormigón poroso. Esta resina epoxi presenta en el estado endurecido las mismas propiedades de resistencia que el hormigón, no obstante, no es porosa o frágil, y por consiguiente crea una unión equivalente mecánicamente pero al mismo tiempo estanca entre los segmentos.

La masa compuesta se aplica preferiblemente en toda la superficie para conseguir una unión suficientemente segura de los segmentos. De este modo se ahorran además las aberturas en forma de embudo y las aberturas de los tubos envolventes para no crear aquí nuevas barreras para el cordón tensor a hacer pasar y la pasta de hormigón.

25 En una forma de realización especialmente preferida de la invención están previstos al menos tres espaciadores que se insertan antes del ensamblaje de los segmentos entre ellos. Éstos portan el respectivo segmento apoyado hasta que la masa compuesta se ha endurecido.

30 A este respecto estos espaciadores son de forma especialmente preferida de un material, como por ejemplo la madera, que presenta un módulo de elasticidad más pequeño que la masa compuesta endurecida. De este modo se consigue, por un lado, que los espaciadores se deformen correspondiente en el caso de irregularidades de las superficies dirigidas una hacia otra de los segmentos e impiden un desprendimiento de las partes de la pared de los segmentos. Por otro lado, después del endurecimiento de la masa compuesta ésta absorbe las cargas en lugar de los "blandos" espaciadores y las deriva correspondientemente.

35 El módulo de elasticidad de los espaciadores se encuentra preferiblemente en un intervalo entre  $3000 \text{ N/mm}^2$  y  $5000 \text{ N/mm}^2$ , a fin de poder mantener en los límites la superficie necesaria de los espaciadores, mientras que la masa compuesta presenta preferiblemente un módulo de elasticidad  $> 5000 \text{ N/mm}^2$ .

40 En una forma de realización especialmente preferida de la invención, debido a la cooperación del dispositivo en forma de embudo, la junta de estanqueidad y la masa compuesta se posibilita hacer pasar y tensar los cables tensores en los tubos envolventes en el caso de una torre de segmentos y luego hacer entrar, por ejemplo, una pasta de hormigón bajo una presión elevada desde el pie de la torre en el tubo envolvente, de forma que la pasta de hormigón ascienda hasta la punta de la torre sin salirse en una juntura entre dos elementos prefabricados de hormigón pretensado.

En las reivindicaciones dependientes se describen variantes ventajosas de la invención.

A continuación se describe más en detalle una forma de realización de la invención mediante los dibujos adjuntos. A este respecto muestran:

45 Figura 1 una vista lateral en sección transversal de un dispositivo en forma de embudo;

Figura 2 una vista lateral en sección transversal de una junta de estanqueidad;

Figura 3 una representación ampliada de la transición en la fig. 2;

Figura 4 por tramos dos segmentos superpuestos y conectados entre sí;

Figura 5 una vista en planta de un segmento completo;

Figura 6 una representación en sección de un segmento completo según la figura 5;

Figura 7 segmentos en una posición montada; y

Figura 8 una sección transversal de una torre según la invención.

5 En la figura 1 se muestra una vista lateral de un dispositivo 8 en forma de embudo para el guiado de un cordón tensor (no representado) en una representación en sección. La sección transversal en la vista en planta (no representado) es preferiblemente redonda en este ejemplo de realización, no obstante, también puede ser poligonal para introducir, por ejemplo, una seguridad frente al giro.

10 La parte central de este dispositivo 8 es una sección 8 en forma de embudo con una abertura 9 que se dirige hacia arriba y una abertura 11 que se dirige hacia abajo. La abertura 9 circular que se dirige hacia arriba presenta un diámetro interior de aproximadamente 90 mm, con una superficie en sección transversal de aproximadamente 254 cm<sup>2</sup>, abertura que es mayor que la abertura 11 que se dirige hacia abajo con un diámetro interior de aproximadamente 53 mm.

15 A este respecto la sección transversal 11 más pequeña que se dirige así hacia abajo se corresponde esencialmente con la sección transversal de los tubos envolventes 7 que se integran en su pared durante la fabricación de los segmentos 4, 6 y están previstos para la recepción de los cordones tensores (o barras de sujeción). De este modo un cordón tensor que entra en la sección transversal 9 mayor se puede conducir a través de la forma de embudo, de modo que se puede convertir de forma lisa en el tubo envolvente 7 conectado por debajo del dispositivo 8 en forma de embudo.

20 En la forma de realización se ha seleccionado un ángulo de abertura de aproximadamente 40° para el dispositivo 8 en forma de embudo. No obstante, este ángulo de abertura puede variar en un amplio intervalo de 10° a 150° en función de las especificaciones constructivas de los segmentos.

25 En la abertura más pequeña 11 del dispositivo 8 se conecta una sección tubular 12 que está provista de una rosca exterior 14. Esta sección 12 se puede enroscar en un tubo envolvente 7 y provoca así, por un lado, un posicionamiento exacto y reproducible del dispositivo 8 y, por otro lado, un guiado ulterior del cordón tensor. Además, con ello se garantiza que el dispositivo 8 no se pueda separar independientemente del estado de transporte de forma indeseada del tubo envolvente 7.

La sección tubular 12 presenta una sección transversal que se corresponde esencialmente con aquella del tubo envolvente 7. En este ejemplo de realización es naturalmente ligeramente menor para que se permita un enroscado.

30 El borde periférico 10 exterior en la sección transversal más grande 9 se prolonga aproximadamente 7 mm hacia arriba, no obstante, permaneciendo constante la sección transversal en esta zona, es decir, el borde periférico 10 discurre verticalmente. Una superficie de apoyo 16, que discurre esencialmente horizontalmente, que circunda anularmente el borde periférico 10 y que puede portar por ejemplo un elemento de obturación 20, se conecta con este borde periférico 10 en la transición de la sección 8 en forma de embudo hacia la parte del borde periférico 10 que discurre verticalmente. La anchura de esta superficie de apoyo 16 se orienta por la superficie de apoyo necesaria para la junta de obturación 20 y en el presente ejemplo de realización es de aproximadamente 10 mm.

35 Un borde 18 periférico adicional está presente de nuevo perpendicularmente en el borde exterior de la superficie de apoyo 16 y discurre desde la superficie de apoyo 16 hacia arriba aproximadamente 10 mm. Por consiguiente se produce un apoyo adicional lateral para una junta de estanqueidad 20 a disponer en este receptáculo del borde periférico 10, superficie de apoyo 16 y borde 18 circundante y que impide de forma efectiva un desplazamiento de la junta de estanqueidad 20.

En una forma de realización alternativa no representada, la superficie de apoyo 16 puede discurrir con un ángulo respecto al borde periférico 10. Mediante esta disposición se puede conseguir en una estructura más sencilla igualmente un efecto de apoyo adicional para una junta de estanqueidad 20 conformada correspondientemente.

45 En la figura 2 está representada una junta de estanqueidad 20 en una primera forma de realización. Esta junta de estanqueidad 20 posee en la vista en planta (no representada) asimismo como el dispositivo 8 una sección transversal redonda. En la vista lateral representada en sección transversal, la junta de estanqueidad 20 muestra una anchura 21 interior variable. Ésta aumenta hacia el borde inferior de la junta de estanqueidad 20. Sin embargo, en este caso el diámetro en el borde superior de la junta de estanqueidad 20 es, con aproximadamente 70 mm, todavía mayor que el diámetro interior de los tubos envolventes 7 utilizados de forma estándar con aproximadamente 60 mm. El diámetro interior de la junta de estanqueidad 20 es en su borde inferior de aproximadamente 95 mm y por consiguiente se

50 corresponde con el diámetro exterior del dispositivo 8 en su borde periférico exterior 10.

El borde periférico exterior de la junta de estanqueidad 20 está configurado en la zona de un borde inferior como collar

- 22, cuyas dimensiones se seleccionan con una altura de aproximadamente 7 mm en el interior de la junta de estanqueidad, aproximadamente 10 mm de altura en el perímetro exterior y una anchura de igualmente aproximadamente 10 mm, de forma que se corresponden con las dimensiones del receptáculo del dispositivo 8 formado por borde periférico 10, superficie de apoyo 16 y borde 18 circundante. La junta de estanqueidad 20 se ajusta por ello exactamente a este receptáculo y para la fijación de la junta de estanqueidad 20 puede estar prevista una capa de adhesivo o similares entre el dispositivo 8 o su superficie de apoyo 16 y la junta de estanqueidad 20.
- La anchura interior de la junta de estanqueidad 20 se reduce desde el lado inferior hacia el lado superior. El perímetro exterior de la junta de estanqueidad 20 sigue este desarrollo. Es decir, el perímetro exterior de la junta de estanqueidad 20 se reduce igualmente en su zona por encima del collar 22. De ello se produce la ventaja de que cuando aparece la presión en la zona del cordón tensor y por consiguiente dentro de la junta de estanqueidad 20, es decir, durante la compresión de los tubos envolvente 7, esta presión puede deformar la junta de estanqueidad 20 en particular en esta zona y puede presionar contra el segmento 6 superior, de forma que la transición entre los segmentos 4, 6 está obturado de forma segura en la zona de los tubos envolventes 7.
- Por encima del collar 22 la junta de estanqueidad 20 presenta en su perímetro exterior un saliente 23 periférico, configurado en forma de paralelogramo. Este saliente 23 tiene una altura de aproximadamente 5 mm y sobresale en esta medida del borde periférico superior 18 del dispositivo 8. Este saliente 23 aumenta, por un lado, la resistencia a la flexión del collar 22 recibido en el dispositivo 8 y sirve, por otro lado, como barrera para la masa compuesta 34 entre los segmentos 4, 6 a fin de impedir que esta masa compuesta 34 llegue durante al erigir la torre al lado superior de la junta de estanqueidad 20.
- La junta de estanqueidad 20 se dispone entre dos elementos prefabricados de hormigón pretensado 4, 6 superpuestos en la zona de los tubos envolvente 7 enfrentados entre sí y debe crear una transición estanca a presión entre los tubos envolventes 7 en los elementos prefabricados de hormigón pretensado 4, 6. Por ello la junta de estanqueidad 20 presenta en una forma de realización preferida una altura de aproximadamente 25 mm – 30 mm.
- Esta altura resulta de la altura del collar 22, así como de la altura de la sección de la junta de estanqueidad 20 cuya sección transversal se estrecha hacia la abertura más pequeña. En este caso la altura del saliente 23 indica la distancia predeterminada de los segmentos 4, 6. La sección superior 25 de la junta de estanqueidad 20 que sobresale de este saliente 23 con la sección que se estrecha es aproximadamente 10 mm a 15 mm mayor.
- Al erigir una torre de segmentos 4, 6 se presiona hacia abajo esta parte de la junta de estanqueidad 20, que sobresale del saliente 23, por el segmento 6 dispuesto encima y presiona de nuevo con su presión de retorno contra este segmento 6. De este modo se produce una primera obturación entre los segmentos 4, 6 que también impide una salida de la pasta de hormigón sin presión presente en el interior de la junta de estanqueidad.
- Ya que la sección de obturación 25 superior se deforma por el segmento 6 dispuesto encima, la transición 29 está configurada entre la pared interior 27 y la pared exterior 26 de forma que discurre con un ángulo agudo respecto a la pared exterior 26 y con un ángulo agudo respecto a la pared interior 27 y por consiguiente de forma esencialmente vertical.
- Esto se puede ver mejor en un círculo representado de forma ampliada para la clarificación. A fin de mejorar la claridad aquí sólo se ha representado la transición 29 sin líneas de borde adyacentes. Aquí se puede ver de forma clara el ángulo agudo entre la pared exterior 26 de la sección superior 25 de la junta de estanqueidad 20 y la transición 29 así como el ángulo obtuso entre la pared 27 y la transición 29.
- De este modo en la sección superior 25 presionada hacia abajo horizontalmente de la junta de estanqueidad 20 se produce en la transición 29 entre pared interior 27 y pared exterior 26 una fuerza que presiona la junta de estanqueidad 20 con su sección superior 25 más fuertemente contra el segmento 6, ya que la transición 29 presenta también en esta situación todavía una superficie que discurre hacia arriba.
- Si se asume una superficie aproximadamente plana del segmento 6 superior, la sección superior 25 de la junta de estanqueidad 20 no se curva hacia abajo posteriormente como hasta en la horizontal. De ello resulta que la junta de estanqueidad 20 obtura de forma segura en cada caso frente al segmento 6 superior.
- La figura 3 muestra el dispositivo 8 y la junta de estanqueidad 20 introducida en él in situ. Aquí están representados dos segmentos 4, 6 superpuestos de los que el segmento inferior 4 está fracturado en la zona del dispositivo 8. Los segmentos 4, 6 están superpuestos de manera que los tubos envolventes 7 en los segmentos 4, 6 están enfrentados de forma esencialmente alineada.
- El dispositivo 8 se introduce en unión positiva en el segmento 4 y el canto superior del borde 18 circundante termina enrasado con la superficie del segmento 4. La sección tubular 12 encaja en el tubo envolvente 7 integrado en el segmento 4.

La junta de estanqueidad 20 está introducida en la parte del dispositivo 8 prevista para la recepción de la junta de estanqueidad 20 y está en contacto con su lado superior de forma fija con el segmento 6 superior.

5 Al erigir la torre de segmentos 4, 6 con el procedimiento según la invención, en primer lugar se disponen de forma distribuida sobre la superficie dirigida hacia arriba del segmento 4 (inferior) montado en último lugar tres espaciadores 32 a aproximadamente la misma distancia sobre el perímetro.

10 Estos espaciadores 32 son preferiblemente de madera y presentan una altura de aproximadamente 5 mm (en función de la rugosidad superficial de los segmentos), que se corresponde con la distancia 30 prevista entre los segmentos 4, 6 después del montaje. El módulo de elasticidad de la madera se sitúa en un rango que permite, por un lado, que la madera pueda resistir durante un tiempo las fuerzas que aparecen en la torre, por otro lado, provoca no obstante que las irregularidades de las superficies opuestas entre sí de los segmentos 4, 6 se empujan en la madera y por consiguiente se evitan desprendimientos en los segmentos 4, 6.

A este respecto mediante una selección apropiada de la altura de los espaciadores 32 se puede conseguir una nivelación de los segmentos 4, 6 conforme a las imprecisiones de fabricación inevitables de los segmentos 4, 6.

15 A continuación de ello la masa compuesta 34 se aplica de forma cobertora sobre esta superficie. A este respecto en la aplicación de la masa compuesta 34 se dejan libres las posiciones en las que se oponen los tubos envolventes 7 en los segmentos 4, 6 o el tubo envolvente 7 en el segmento 6 superior y el dispositivo 8 con la junta de obturación 20 en el segmento 4 inferior, aplicándose la masa compuesta 34 hasta el saliente 23.

20 La masa compuesta 34 aplicada cubriendo la superficie es preferiblemente una resina epoxi y se aplica al menos en una espesor de capa de aproximadamente 5 mm que se corresponde esencialmente con la distancia 30 prevista entre los segmentos 4, 6.

El segmento 6 a montar el siguiente se coloca sobre el segmento 4 inferior, de forma que los tubos envolventes 7 se alineen entre sí. En este caso el segmento 6 superior descansa en primer lugar sobre los tres espaciadores 32 que transmiten las fuerzas entre los segmentos 4, 6 hasta que se endurece la masa compuesta 34.

25 En la medida en la que la masa compuesta 34 se endurece, la transmisión de fuerza entre los segmentos 4, 6 se realiza de forma creciente a través de la masa compuesta 34. Ya que las propiedades de resistencia de la masa compuesta 34 en el estado endurecido se corresponden con las del hormigón, después del endurecimiento de la masa compuesta 34 se produce una conexión en unión no positiva entre los segmentos 4, 6 sobre la mayor parte de las superficies dirigidas una hacia otra de los segmentos 4, 6 (se ahorran las zonas de las transiciones entre los tubos envolventes 7).

30 Después de que la masa compuesta 34 se ha endurecido se transfieren todas las fuerzas entre los elementos prefabricados de hormigón pretensado 4, 6 a través de la masa compuesta 34 y los espaciadores no se cargan.

35 Según se ha descrito ya, en la torre de hormigón pretensado descrita anteriormente se dispone una pieza sobrepuesta de acero en la que luego se apoya todo el espacio de máquinas de la instalación de la energía eólica. La pieza sobrepuesta de acero sobre la parte de la torre de hormigón pretensado presenta en el lado inferior una brida de fijación periférica. La pieza sobrepuesta de acero se fija en primer lugar en varias, por ejemplo 4, varillas roscadas hasta que se monta la fijación definitiva. Ésta consiste en que los cordones tensores que discurren en la torre también discurren a través de esta brida y por encima de la brida se montan los tensores para los cordones tensores.

40 Si un elemento anular se compone de varios segmentos (de una virola) de forma que, por ejemplo, un segmento parcial forma en el perfil un semicírculo, se conectan entre sí estos segmentos parciales. Para ello un así denominado refuerzo de retroceso se incorpora durante la fabricación de los segmentos parciales. Este refuerzo de retroceso, una prolongación del refuerzo incorporado en el segmento, sobresale del segmento prefabricado en sus lados frontales sobre la altura del segmento de forma distribuida en U, de tal manera que los elementos visibles en los lados frontales están superpuestos en forma de peldaño.

45 Además, en el lado frontal opuesto del segmento parcial adyacente están previstas entalladuras (planas), en las que puede encajar el refuerzo de retroceso. En la situación de montaje los refuerzos de retroceso de los segmentos parciales adyacentes encajan entre sí en forma de peine. Las transiciones entre los segmentos parciales de una virola se rellenan luego con un hormigón de fraguado rápido.

50 La figura 5 muestra una vista en planta de un segmento completo de una torre de hormigón pretensado con los embudos de guiado 8. En esta figura están indicadas dos secciones, es decir, A y C que están representadas en las figuras siguientes.

La figura 6 muestra una representación en la sección A-A en la figura 5 después de la preparación del segmento 6 inferior, pero antes de disponer el segmento 4 superior. En esta figura están indicados de forma oculta asimismo,

como en la figura 7, los embudos de guiado 8 y tubos envolventes 7 en los segmentos 4, 6. En la hendidura entre los segmentos 4, 6 está representado un espaciador 32 así como la masa compuesta 34 que se aplica en esta forma.

5 En la figura 7 se muestran los segmentos 4, 6 en su situación de montaje. La masa compuesta 34 se ha distribuido esencialmente sobre la anchura de la hendidura y la masa compuesta 34 que brota lateralmente se puede retirar de forma sencilla con una paleta u otros. El segmento 4 superior descansa sobre el espaciador 32.

La junta de estanqueidad 20 no está representada en estas figuras para una mayor claridad. Para ilustrar también aquí la función de la junta de estanqueidad 20 está representada en la figura 8 una sección C-C de la figura 5. Aquí se ha omitido la masa compuesta 34 así como el espaciador 32. La figura muestra como la junta de estanqueidad 20 se presiona hacia abajo en su sección superior por el segmento 4 superior.

10 El aumento en detalle muestra que incluso en una sección superior presionada hacia abajo horizontalmente de la junta de estanqueidad, la transición 29 discurre hacia arriba por el ángulo agudo con el lado superior de la junta de estanqueidad 20 y el ángulo obtuso del lado inferior 27 de la junta de estanqueidad 20. Cuando se aplica una presión en el interior de la junta de estanqueidad se presiona esta sección por ello de forma segura contra el segmento 4 superior.

15 La figura 4 muestra la sección transversal de una torre según la invención que se compone de 23 partes en el ejemplo representado, teniendo cada parte esencialmente una altura de 3,80 m a 4,00 m. Según puede ver la torre tiene un perfil de torre que se estrecha, es decir, que la torre es más ancha en el fondo que en la zona superior de la torre. El perfil de la torre está curvado en conjunto en este caso, es decir, que las paredes opuestas de la torre no están dispuestas en paralelo entre sí, ni están dispuestas con un ángulo fijo entre sí, sino que el perfil o el contorno exterior está ligeramente curvado. Los números junto a la representación de la torre indican, por un lado, la altura de la superficie inferior de un segmento de la torre sobre el suelo, así como el diámetro del segmento de la torre en este punto (dato derecha de línea). Los números se deben entender evidentemente a modo de ejemplo y en ningún caso de forma limitante sobre la invención.

20

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Torre de una instalación de energía eólica, con una multiplicidad de segmentos prefabricados (4, 6) dispuestos unos sobre otros que están asegurados mediante elementos de sujeción, en la que cada segmento prefabricado presenta un elemento anular, caracterizada porque el elemento anular presenta un dispositivo de guiado (8) para el guiado de un cordón tensor en las transiciones entre segmentos prefabricados (4, 6), estando configurado el dispositivo de guiado (8) en forma de embudo y presentando un primer extremo con una sección transversal (11) más pequeña y un segundo extremo con una sección transversal (9) mayor, presentando el primer extremo del dispositivo de guiado con la sección transversal (11) más pequeña esencialmente la misma sección transversal que un tubo envolvente (7) que está incorporado en los segmentos prefabricados (4, 6), presentando el dispositivo de guiado (8) en su primer extremo una sección tubular (12) que se encuentra dentro del tubo envolvente (7) incorporado en un elemento prefabricado, y estando unidos entre sí los segmentos superpuestos mediante una masa compuesta.
- 10 2.- Torre según la reivindicación 1, caracterizada porque el dispositivo de guiado (8) presenta un ángulo de abertura predeterminado.
- 15 3.- Torre según la reivindicación 2, caracterizada porque el ángulo de abertura del dispositivo de guiado (8) se encuentra en un intervalo entre 10° y 150°.
- 4.- Torre según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el segundo extremo del dispositivo de guiado (8) presenta dimensiones exteriores que son inferiores que el espesor de pared de un segmento (4, 6).
- 20 5.- Torre según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque la sección tubular (12) presenta esencialmente la misma sección transversal que el primer extremo (11) del dispositivo de guiado (8) y se conecta en la dirección de paso.
- 6.- Torre según la reivindicación 5, caracterizada porque el dispositivo de guiado (8) y la sección tubular (12) están realizados en una pieza.
- 7.- Torre según una de las reivindicaciones 5 ó 6, caracterizada porque la sección tubular (12) presenta una longitud predeterminada.
- 25 8.- Torre según la reivindicación 7, caracterizada porque la longitud de la sección (12) tubular es de al menos 20 mm.
- 9.- Torre según una de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizada porque la sección tubular (12) está provista de una rosca exterior (14).
- 10.- Torre según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el perímetro exterior del segundo extremo (9) está rodeado al menos parcialmente por una superficie de apoyo (16) que discurre respecto a él con un ángulo predeterminado.
- 30 11.- Torre según la reivindicación 10, caracterizada porque en el borde exterior de la superficie de apoyo (16) está previsto un borde (18) que discurre esencialmente hacia arriba con una altura predeterminada.
- 12.- Torre según la reivindicación 1, caracterizada por una junta de estanqueidad para crear una transición estanca a presión entre dos segmentos prefabricados (4, 6) superpuestos, presentando la junta de estanqueidad (20) una altura que se corresponde al menos con una distancia (30) prevista de los segmentos prefabricados (4, 6) dispuestos unos sobre otros.
- 35 13.- Torre según la reivindicación 12, caracterizada porque la junta de estanqueidad (20) presenta esencialmente la misma forma en sección transversal que el primer extremo (11) del dispositivo de guiado (8).
- 40 14.- Torre según la reivindicación 12 ó 13, caracterizada porque la anchura (21) interior de la junta de estanqueidad (20) cambia en la dirección axial.
- 15.- Torre según la reivindicación 14, caracterizada porque la anchura (21) interior de la junta de estanqueidad (20) aumenta hacia el segmento prefabricado (4, 6) dispuesto por debajo de la junta de estanqueidad (20).
- 16.- Torre según una de las reivindicaciones 12 a 15, caracterizada porque el espesor de pared de la junta de estanqueidad (20) no sobrepasa una medida predeterminada.
- 45 17.- Torre según la reivindicación 16, caracterizada porque el espesor de pared de la junta de estanqueidad (20) cambia a lo largo de la altura de la junta de estanqueidad (20).
- 18.- Torre según la reivindicación 16 ó 17, caracterizada porque la junta de estanqueidad (20) presenta una sección superior (25), discurrendo la transición (29) entre la pared exterior (26) y una pared interior (27) de la sección superior

(25) en un ángulo agudo respecto a la pared exterior (26) y un ángulo obtuso respecto a la pared interior (27).

- 5 19.- Torre según una de las reivindicaciones 12 a 18, caracterizada porque la sección transversal de abertura de la junta de estanqueidad (20) que se dirige hacia el segmento prefabricado (4, 6) dispuesto por encima de la junta de estanqueidad (20) presenta al menos el mismo tamaño que los tubos envolventes (7) incorporados en los segmentos prefabricados (4, 6).
- 20.- Torre según una de las reivindicaciones 12 a 19, caracterizada porque la junta de estanqueidad (20) presenta una sección inferior con una anchura interior mayor, estando conformado un collar (22) en la sección inferior.
- 10 21.- Torre según la reivindicación 20, caracterizada porque la forma en sección transversal y las dimensiones del collar (22) se corresponden esencialmente con la forma en sección transversal formada por el borde periférico (10) exterior de la abertura del segundo extremo (9) del dispositivo de guiado (8), la superficie de apoyo (16) y el borde (18) que rodea la superficie de apoyo y con sus dimensiones.
- 22.- Torre según una de las reivindicaciones 12 a 21, caracterizada porque el borde periférico exterior de la junta de estanqueidad (20) por encima del collar (22) presenta un saliente (23) dirigido hacia fuera con altura y anchura predeterminadas.
- 15 23.- Torre según la reivindicación 22, caracterizada porque el saliente (23) está configurado esencialmente en forma de paralelogramo.
- 20 24.- Torre según la reivindicación 1, caracterizada por al menos un segmento prefabricado con uno o varios tubos envolventes (7) integrados en la pared, estando integrado el dispositivo de guiado (8) en el segmento prefabricado de manera que el primer extremo (11) del dispositivo de guiado (8) con la sección transversal (11) más pequeña se dirige hacia el tubo envolvente (7) integrado en la pared y el segundo extremo con la sección transversal (9) mayor se dirige hacia el borde del segmento prefabricado (4, 6) que se dirige hacia arriba al erigir la torre.
- 25.- Torre según la reivindicación 24, caracterizada porque el segundo extremo del dispositivo de guiado (8) con la sección transversal (9) mayor termina esencialmente enrasado con la superficie del segmento prefabricado (4,6) que se dirige hacia arriba al erigir la torre.
- 25 26.- Torre según la reivindicación 24 ó 25, caracterizada porque el segmento prefabricado (4, 6) está dividido en paralelo al eje vertical en al menos dos segmentos separados.
- 27.- Torre según la reivindicación 1, caracterizada porque cada elemento anular se compone de al menos dos segmentos parciales, tensando un segmento parcial un elemento anular parcial.
- 30 28.- Torre según la reivindicación 27, caracterizada porque como elementos de sujeción está previsto al menos un elemento de sujeción de tipo cable para el aseguramiento de los segmentos (4, 6), que se guían a través de una cavidad dentro de la pared de los elementos anulares.
- 29.- Torre según una de las reivindicaciones 1 a 28, caracterizada porque una cavidad dentro de la pared de los elementos anulares se llena con un material de construcción, preferentemente hormigón, después del montaje de la torre de la instalación de energía eólica.
- 35 30.- Torre según una de las reivindicaciones 1 a 29, caracterizada porque en la transición de un segmento prefabricado inferior a un segmento prefabricado superpuesto está previsto un elemento para la recepción del elemento de sujeción de acero, presentando la pieza de recepción en su borde superior un diámetro mayor que en su borde inferior.
- 31.- Torre de una instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones 1 a 30, torre que se estrecha del fondo hacia arriba, caracterizada porque la torre presenta un perfil de torre curvado.
- 40 32.- Torre según la reivindicación 31, caracterizada porque la torre se compone de una multiplicidad de segmentos prefabricados que presentan por su lado un contorno curvado o un contorno lineal.
- 33.- Procedimiento para erigir una torre de una instalación de energía eólica a partir de segmentos prefabricados, con las etapas de:
- 45 aseguramiento de los segmentos prefabricados (4, 6) dispuestos unos sobre otros mediante elementos de sujeción, presentando cada segmento prefabricado (4, 6) un elemento anular que presenta un dispositivo de guiado (8) para el guiado de un cordón tensor en las transiciones entre segmentos prefabricados (4, 6), estando configurado el dispositivo de guiado (8) en forma de embudo y presentando un primer extremo con una sección transversal (11) más pequeña y un segundo extremo (9) con una sección transversal mayor, presentando el primer extremo del dispositivo de guiado esencialmente la misma sección transversal que un tubo envolvente que está incorporado en los segmentos prefabricados (4, 6), presentando el dispositivo de
- 50

guiado (8) en su primer extremo una sección tubular (12) que está dispuesta dentro del tubo envolvente (7), y aplicación de una masa compuesta (34) antes del ensamblaje de los segmentos prefabricados (4, 6) sobre las superficies (36) dirigidas hacia arriba del respectivo segmento prefabricado inferior, representando la masa compuesta (34) un polímero.

- 5 34.- Procedimiento según la reivindicación 33, caracterizado porque el espesor de capa de la masa compuesta (34) se corresponde esencialmente con la distancia (30) predeterminada entre los segmentos prefabricados (4, 6) superpuestos.
- 35.- Procedimiento según la reivindicación 34, caracterizado porque el espesor de capa de la masa compuesta (34) es al menos de 2 mm.
- 10 36.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 33 a 35, caracterizado porque la masa compuesta (34) endurece al aire.
- 37.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 33 a 36, caracterizado porque la masa compuesta (34) se aplica en toda la superficie.
- 15 38.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 33 a 37, caracterizado porque las aberturas de los tubos envolventes (7) incorporados en los segmentos prefabricados (4, 6) y los dispositivos (8) se dejan libres durante la aplicación de la masa compuesta (34).
- 39.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 33 a 38, caracterizado porque entre los segmentos prefabricados (4, 6) se insertan al menos tres espaciadores (32).
- 20 40.- Procedimiento según la reivindicación 39, caracterizado porque los espaciadores (32) presentan un espesor de material que se corresponde esencialmente con la distancia (30) predeterminada entre los segmentos prefabricados (4, 6).
- 41.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 39 ó 40, caracterizado porque los espaciadores (32) presentan un módulo de elasticidad predeterminado.
- 25 42.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 39 a 41, caracterizado porque el módulo de elasticidad de los espaciadores (32) utilizados es menor que el módulo de elasticidad de la masa compuesta (34) endurecida.
- 43.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 39 a 42, caracterizado porque los espaciadores (32) son de madera.

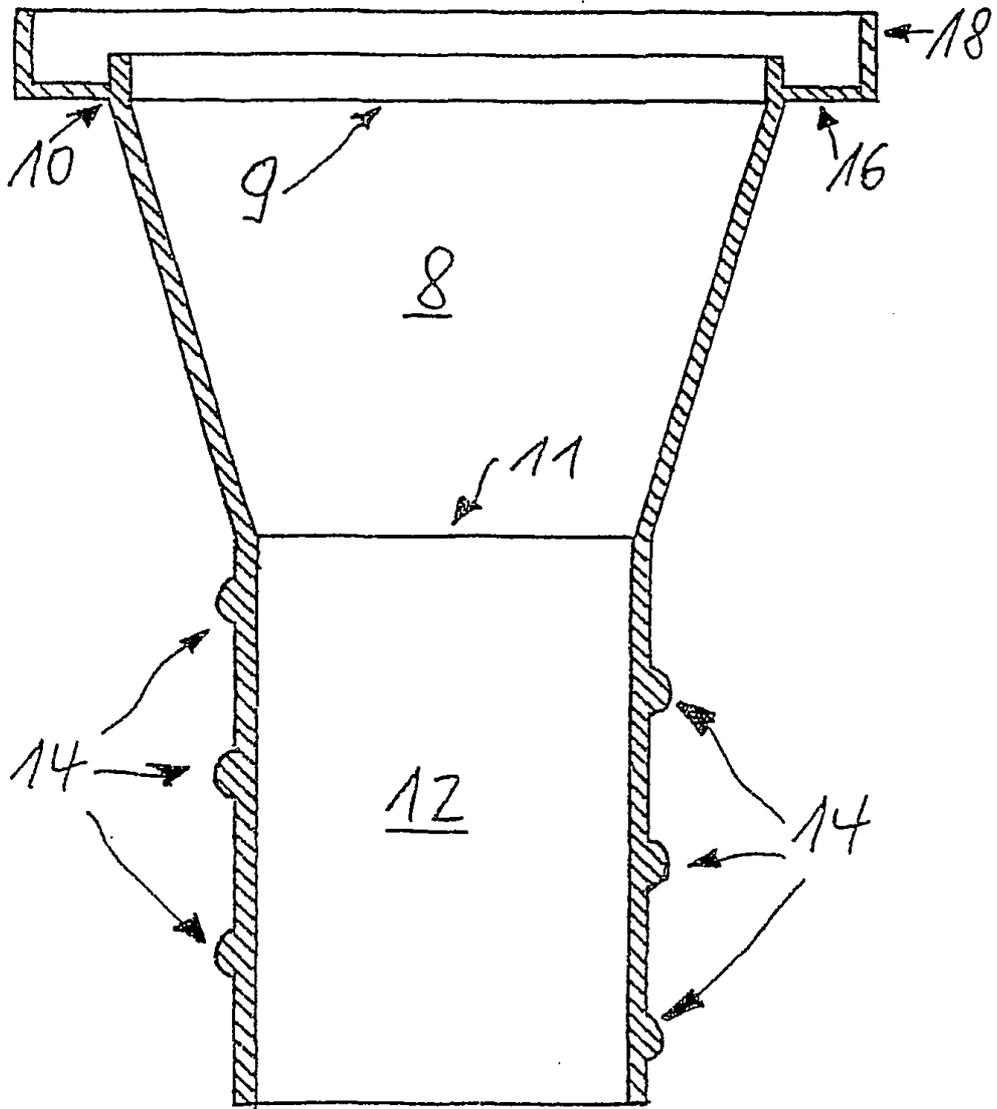


Fig. 1

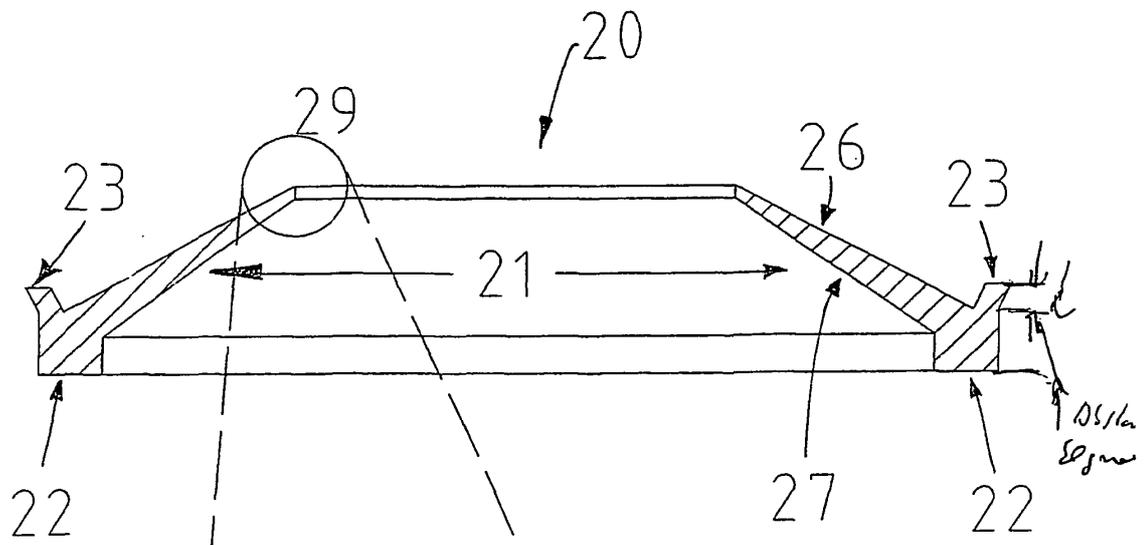
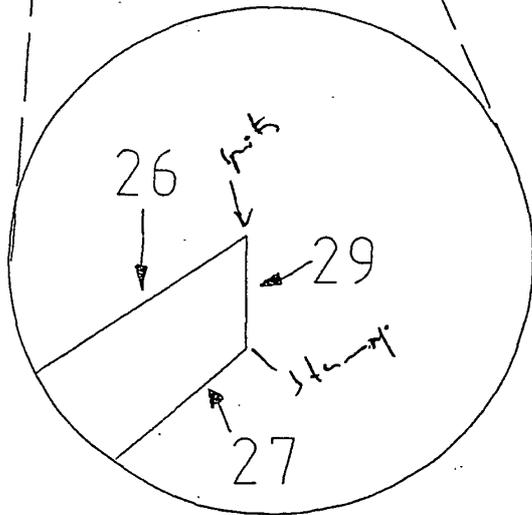


Fig. 2



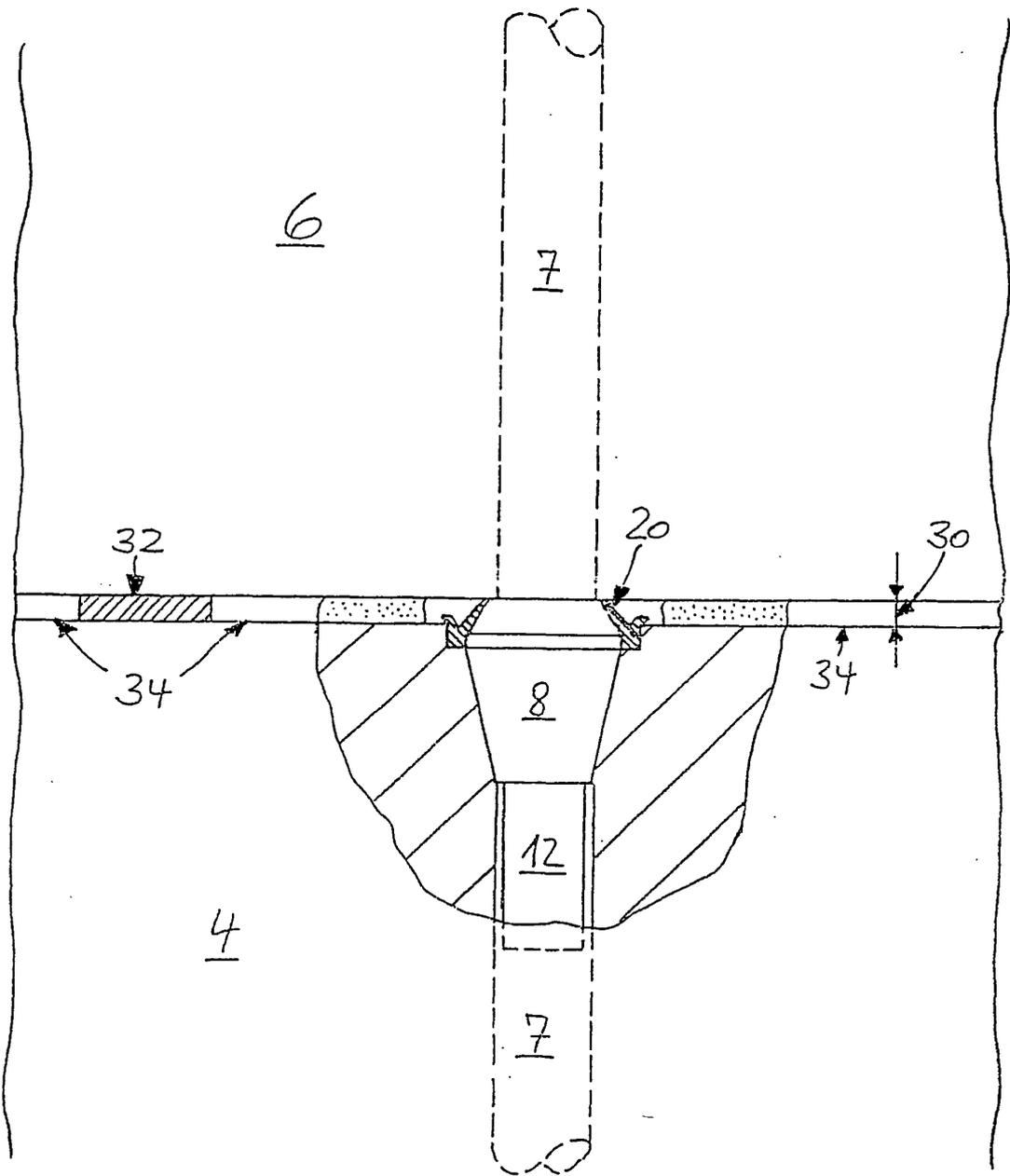


Fig. 3

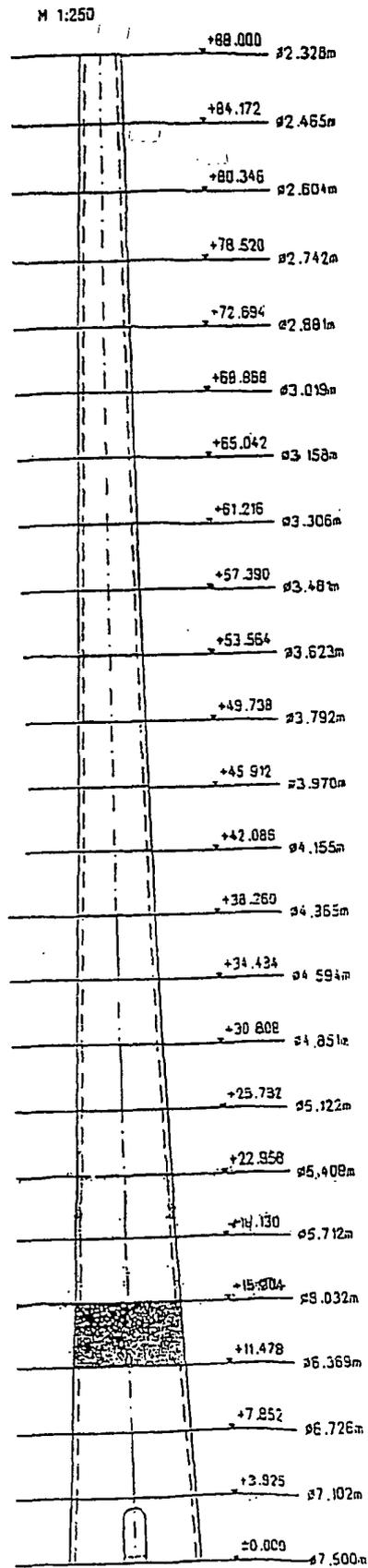


Fig. 4

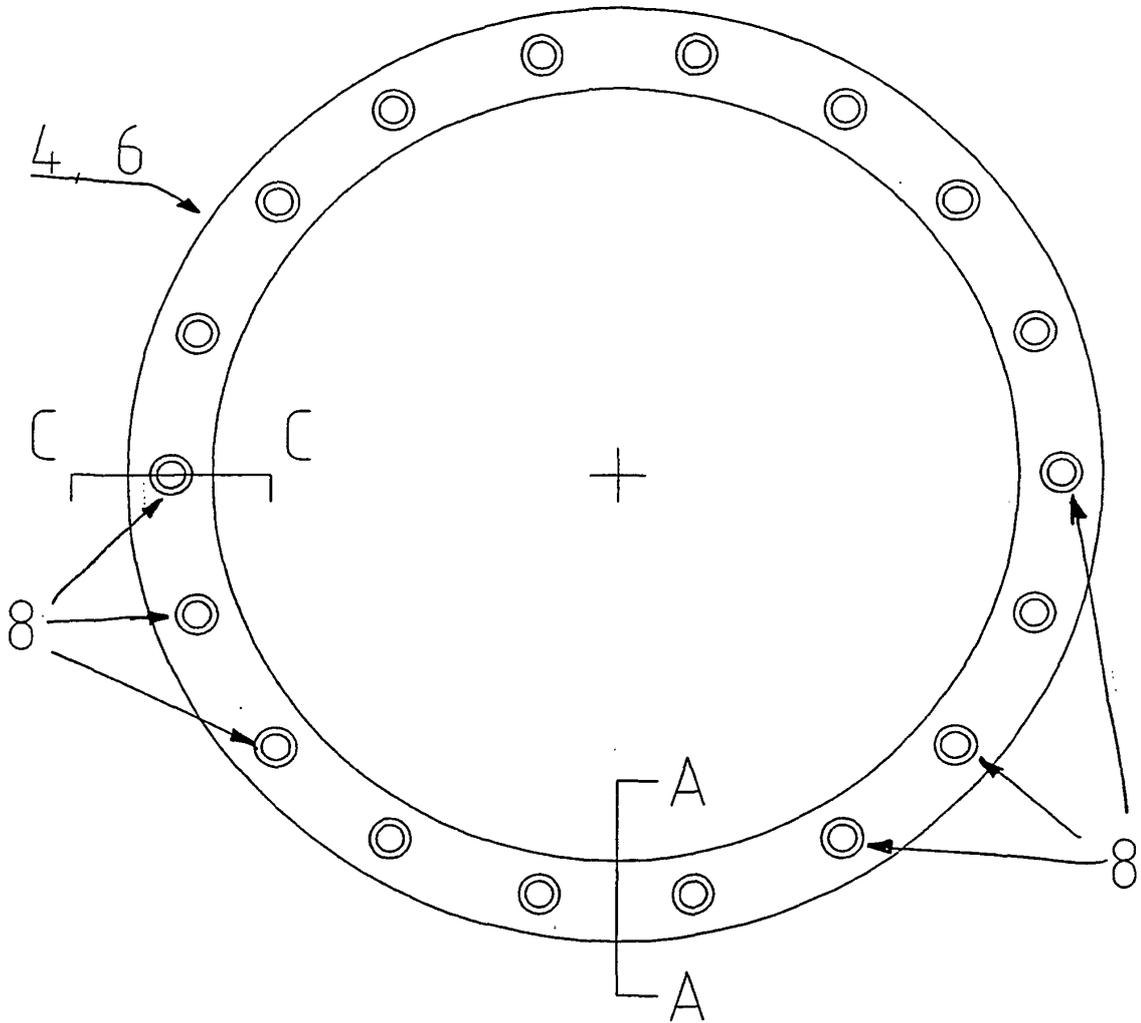


Fig. 5

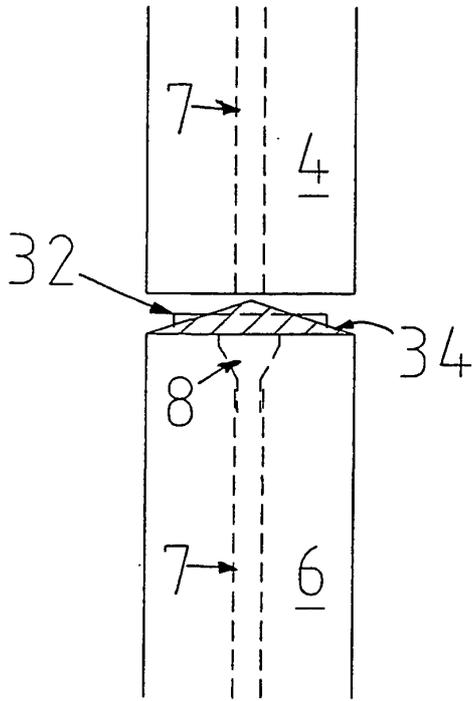


Fig. 6

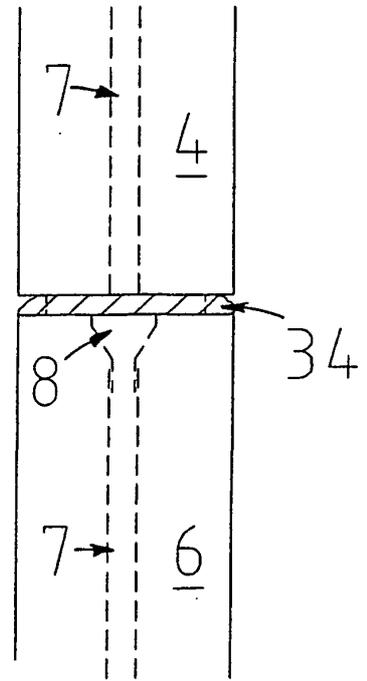


Fig. 7

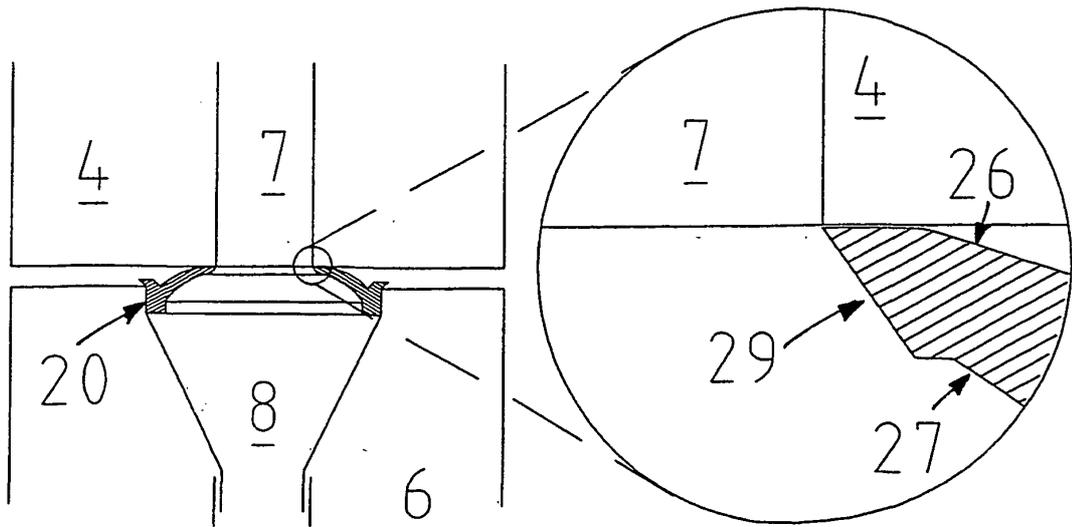


Fig 8