



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 653**

51 Int. Cl.:
B23K 9/028 (2006.01)
B23K 31/02 (2006.01)
B23K 33/00 (2006.01)
F22B 37/10 (2006.01)
C21D 9/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09009475 .6**
96 Fecha de presentación : **22.07.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2156916**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.02.2010**

54 Título: **Procedimientos para fabricar paredes de tubos de generadores de vapor constituidas predominantemente por aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo.**

30 Prioridad: **08.08.2008 DE 10 2008 037 085**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.06.2011

73 Titular/es: **Alstom Technology Ltd.**
Brown-Boveri-Str. 7/699/5
5401 Baden, CH

72 Inventor/es: **Hartwig, Ruben;**
Mutter, Daniel;
Helmrich, Andreas y
Schalk, Alois

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 361 653 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

Procedimiento para fabricar paredes de tubos de generadores de vapor constituidas predominantemente por aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo.

5 La invención se refiere a un procedimiento para fabricar paredes de tubos de generadores de vapor constituidas predominantemente por aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo.

10 Las paredes de tubos se utilizan predominantemente en generadores de vapor de centrales eléctricas calentadas con combustibles fósiles. Las paredes de tubos rodean aquí a una cámara de combustión rectangular en la mayoría de los casos y a la chimenea de gas dispuesta encima de ella, en la que están dispuestas superficies de calentamiento formadas generalmente por serpentines. Los respectivos tubos de las paredes de tubos, que están formados por una combinación soldada de tubo-alma-tubo, arrastran consigo a un medio de trabajo calentado por la combustión del combustible fósil y lo transfieren a procesos adicionales. En las paredes de tubos soldadas conocidas se utilizan habitualmente los materiales 16Mo3, 13CrMo4-5 y 7CrMoVTiB10-10 (T24), así como el material 723 admitido por la ASME (American Society of Mechanical Engineers). Estos materiales no necesitan en general un tratamiento térmico después de la fabricación o elaboración de las paredes de tubos por técnicas de soldadura.

15 El deseo de generadores de vapor con mayores rendimientos, que, entre otras cosas, ayuden a reducir la expulsión de CO₂ hacia la atmósfera, conduce, como una de entre varias medidas, al incremento de los parámetros del vapor del generador de vapor. Para lograr o materializar parámetros de vapor más altos, es decir, presiones y temperaturas más altas del medio de trabajo vapor, son necesarios como material de la pared de tubos aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo, tal como, por ejemplo, el material X10CrWMoVNb9-2 (T92), puesto que los materiales empleados hasta ahora ya no satisfacen los requisitos más altos. Los aceros a utilizar nuevamente requieren en cualquier caso un tratamiento térmico después de la elaboración por técnicas de soldadura. En la fabricación de paredes de tubos son necesarios extensos trabajos de soldadura tanto en el taller como en la obra o en el montaje. Estos son en detalle, referido al taller y la obra:

20 Taller: Fabricación y terminación de los registros de la pared de tubos, incluidas todas las piezas de soldadura, producción de aberturas de pared o de acodamientos, y producción de curvados de pared o arcos de esquina para las esquinas de las paredes de tubos dentro del arrollamiento oblicuo, producción de zonas de transición del entubado oblicuo al entubado vertical.

25 Montaje: Soldadura de los empalmes de segmentos o registros, empalmes de montaje de piezas de presión en costuras redondas, incluyendo todas las soldaduras de relleno y de sellado necesarias, empalmes en almas hendidas (hendiduras de montaje) y soldaduras de sellado en manguitos o casquillos en la zona de los pasos a través de la pared, terminación de piezas de soldadura en las paredes.

30 Se revela con el documento WO 2004/051142 A1 un procedimiento para fabricar una pared de tubos que consta de varios registros de pared de tubos. El objetivo de esta fabricación es evitar completamente el tratamiento térmico posterior durante el montaje en la obra. El registro de pared de tubos consiste en un material de una primera categoría. En todas las piezas de unión se disponen piezas de transición de un material de una segunda categoría, de modo que en la obra tiene que realizarse únicamente una unión entre las piezas de transición de la segunda categoría de material. A diferencia de la primera categoría de material, el material de la segunda categoría está exento de tratamiento térmico posterior, de modo que se puede suprimir un tratamiento térmico posterior durante el montaje final realizado en la obra.

35 El documento DE 10 2006 062 348 A1 se ocupa del procedimiento de chorreado de la superficie de componentes de generadores de vapor que pueden consistir en acero martensítico con contenido de cromo.

El documento DE 1 508 425 A concierne al revenido por medio de un proceso de recocido de dos etapas.

40 Se conoce por el documento DE 10 2004 032 611 A1 un procedimiento en el que se debe producir fuera de la cámara de combustión una unión entre las superficies de calentamiento del generador de vapor y un colector o distribuidor. Las superficies de calentamiento del generador de vapor dispuestas en la cámara de combustión y llevadas desde esta cámara de combustión hasta el colector se han fabricado aquí a base de material austenítico. Para compensar la diferente dilatación térmica de los distintos materiales se mantiene libre una holgura axial hacia el colector en el lado frontal de una boquilla tubular.

45 El documento DE 1 426 641 A muestra una construcción de una pared de tubos en la que los tubos consisten en un material aleado con cromo y los elementos de unión consisten en un material no aleado con cromo. Se consigue de este modo que el trabajo de soldadura principal se realice en una pared de tubos ya instalada o bien al instalarla en el material no aleado con cromo, y se consiguen también únicamente pequeñas longitudes de soldadura en el tubo aleado con cromo.

La presente invención se ha planteado como problema el proponer un procedimiento para fabricar paredes de tubos de generadores de vapor constituidas predominantemente por aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo, en el que se efectúe la fabricación de una manera eficiente y practicable. En particular, el problema de la invención consiste en proponer un procedimiento para fabricar en el taller y en la obra paredes de tubos de generadores de vapor constituidas predominantemente por aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo, cuyo procedimiento esté definido por las condiciones marginales siguientes:

- Minimización de los trabajos de soldadura y de los tratamientos térmicos en la obra,
- Conceptos para soldaduras constructivamente necesarias en la obra sin tratamiento térmico subsiguiente,
- Conceptos para soldaduras constructivamente necesarias en la obra empleando una estrategia de tratamiento térmico local optimizado.

El problema anterior se resuelve con el procedimiento según las características de la reivindicación 1.

Ejecuciones ventajosas de la invención pueden deducirse de las reivindicaciones subordinadas.

Gracias a la solución según la invención se crea un procedimiento para fabricar paredes de tubos de generadores de vapor constituidas predominantemente por aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo, que presenta las ventajas siguientes:

- Factura eficiente y practicable de la fabricación de paredes de tubos constituidas predominantemente por aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo,
- Aumento del rendimiento del generador de vapor por materialización de parámetros de vapor más altos,
- Reducción de la expulsión de CO₂ hacia la atmósfera por incremento del rendimiento del generador de vapor.

En una ejecución conveniente de la invención se realizan los arcos de esquina como arcos individuales o gemelos. Esta medida hace posible una sencilla adaptación y unión de los arcos de esquina durante el montaje de los mismos con los registros de pared de tubos de dos paredes de tubos contiguas y situadas en ángulo recto una con otra.

Una ejecución ventajosa de la invención prevé que, además del paso a) del procedimiento, al menos una de las almas de un registro de pared de tubos presente, en una zona parcial de su extensión longitudinal y partiendo de un extremo del alma o de ambos extremos del alma, una hendidura de montaje alargada conformada en la dirección longitudinal del alma para la compensación de las inexactitudes dimensionales y que el alma consistente en acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo se sustituya en la zona de la hendidura de montaje por un alma consistente en un material que no tenga que ser tratado térmicamente por revenido ni sometido a un tratamiento térmico posterior. Gracias a esta medida se facilita sensiblemente, por un lado, el que las inexactitudes constructivas de las distribuciones de tubos en los registros de pared de tubos se compensen de manera muy sencilla en la obra, ya que las distribuciones de tubos de los registros de pared de tubos provistos de una hendidura de montaje se pueden ajustar fácilmente, es decir que los tubos de los registros adyacentes de pared de tubos, que eventualmente no están alineados uno con otro, se pueden ajustar por medio del aprovechamiento de la rendija de la hendidura de montaje, de modo que los tubos, después del ajuste, están directamente enfrentados y alineados uno con otro. Por otro lado, las hendiduras de montaje existentes de los registros ajustados de pared de tubos pueden soldarse seguidamente en el lugar de montaje. Debido al ventajoso empleo del alma consistente en un material que no se debe tratar térmicamente y provista de una hendidura de montaje no es necesario un tratamiento térmico de revenido después de la soldadura. Sin embargo, en el caso de almas muy estrechas puede ser ventajoso someter la zona de la soldadura de relleno de la hendidura de montaje con los tubos adyacentes a un tratamiento térmico de revenido, ya que, debido a la soldadura de relleno, se solicitan con temperaturas de soldadura no sólo el alma que no se debe tratar térmicamente, sino también los tubos adyacentes que se deben tratar térmicamente. En otra ejecución ventajosa la longitud del alma provista de una hendidura de montaje corresponde a la longitud de la hendidura de montaje más una sobremedida (X) de 10 a 100 mm. Se garantiza así que la soldadura posterior de la hendidura de montaje se realice en la zona del alma consistente en un material que no se debe tratar térmicamente.

Es conveniente configurar algunos o todos los tubos de un registro de pared de tubos, en su empalme costura redonda-registro, con un enmanguitado tubular de un material que no tiene que ser tratado térmicamente. Gracias a esta medida se consigue que, después de la soldadura realizada en el sitio de montaje, por ejemplo de la hendidura de montaje del alma estrechamente adyacente al enmanguitado tubular, no tenga que realizarse ningún tratamiento térmico de revenido posterior en los enmanguitados tubulares. De manera ventajosa, los enmanguitados tubulares se disponen en la proximidad inmediata de las hendiduras de montaje y poseen la longitud de las almas que presentan hendiduras de montaje.

En una ejecución ventajosa de la invención el medio de alojamiento para recibir un tubo que atraviesa la pared de tubos está configurado como una chapa de relleno, cerrando la chapa de relleno una abertura entre dos tubos y/o almas y/o semialmas que se origina debido al doblado de al menos un tubo en la zona de la pared de tubos con un paso de tubo, soldándose la chapa de relleno con los tubos y/o con las almas y/o con las semialmas. Otra

- 5 ejecución ventajosa de la invención prevé que el medio de alojamiento esté configurado como un casquillo y que éste esté dispuesto dentro del alma o dentro de dos semialmas o dentro de una chapa de relleno y esté soldado con éstas. El casquillo se utiliza preferiblemente cuando está presente un espacio suficiente dentro del alma para montar y soldar el casquillo. En consecuencia, la chapa de relleno se utiliza especialmente cuando, por motivos de espacio, el paso del tubo del serpentín a través de la pared de tubos en la zona del alma resulta ser difícil o demasiado estrecho. Gracias a esta medida se puede lograr en el sitio de fabricación un paso fácil de producir para tubos de serpentines a través de la pared de tubos que están dispuestos dentro de las paredes de tubos del generador de vapor.
- 10 En una ejecución ventajosa de la invención se utilizan, además del paso d) de la presente invención, unos equipos de calentamiento adicionales en la zona contigua de los equipos de calentamiento montados en la zona de las costuras de soldadura y a ambos lados en los registros de pared de tubos. Gracias a estos equipos de calentamiento adicionales se genera calor de apoyo para reducir el gradiente de temperatura que se presenta durante el tratamiento térmico de revenido, así como para reducir el esfuerzo resultante de la diferencia de temperatura.
- 15 En una ejecución conveniente de la invención se tiene que, empleando una semialma consistente en acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo y dotada de un almohadillado consistente en un material que no se debe tratar térmicamente, se elige también del mismo material el tubo adyacente a la semialma, ya que esto tiene sentido desde el punto de vista técnico de soldadura y de tratamiento térmico.
- 20 Una ejecución conveniente de la invención prevé que durante el tratamiento térmico de revenido se descargue de fuerzas la zona de recocido de los registros de pared de tubos por medio de una desviación de la fuerza del peso propio a través de una construcción auxiliar hidráulica o mecánica. Se logra así un tratamiento térmico óptimo.
- 25 Es ventajoso configurar las almas y las semialmas en sus superficies laterales adyacentes a los tubos con cantos laminados naturales de hasta 2 mm cada uno de ellos. Esto sirve de base al empleo de parámetros de soldadura optimizados con respecto a tensiones de soldadura reducidas. Asimismo, es ventajoso configurar las superficies laterales de las almas y semialmas adyacentes a los tubos, en la zona de los empalmes costura redonda-registro, con un biselado para una doble costura en HV. Gracias a esta medida se puede lograr en esta zona una conexión completa, es decir, una soldadura a través del espesor de pared completo del alma y de la unión tubo-alma y, por tanto, una reducción de la acción de entalladura.
- 30 Otra ejecución ventajosa de la invención prevé que el tratamiento térmico de revenido se efectúe a una temperatura de 740 a 780°C, así como que en otra ejecución ventajosa de la invención se efectúe el tratamiento térmico de revenido a lo largo de un espacio de tiempo de 2 min/mm de espesor de pared, pero al menos a lo largo de 60 min. Se garantiza así un tratamiento térmico de revenido impecable o un recocido impecable de los componentes que se deben tratar térmicamente.
- 35 Otra ejecución ventajosa de la invención prevé que los sitios de montaje-unión de soldadura de piezas de soldadura adicionales, consistentes predominantemente en acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo (por ejemplo, mordazas de soldadura), se configuren en el taller con un chapeado consistente en un material que no se debe tratar térmicamente y/o con un semiproducto forjado o laminado consistente en material que no debe tratar térmicamente y/o con un forro consistente en un material de soldadura que no se debe tratar térmicamente, y que las piezas de soldadura se suelden seguidamente en el taller con el registro de pared de tubos y, junto con este registro de pared de tubos, se sometan a un tratamiento térmico de revenido en un equipo de calentamiento. Gracias a esta medida se consigue que en las paredes de tubos estén presentes piezas de soldadura con superficies de soldadura a las que pueden soldarse piezas en la obra, sin que estas costuras de soldadura tengan que ser tratadas térmicamente.
- 40 Se explican seguidamente con más detalle ejemplos de realización de la invención ayudándose de los dibujos y de la descripción.
- 45 Muestran:
- La figura 1, esquemáticamente representado, un registro plano de pared de tubos de un generador de vapor como vista en alzado, en donde el registro de pared de tubos se produce en el taller,
- La figura 2, una sección parcial A-A de la figura 1 como sección transversal,
- 50 La figura 3, lo mismo que la figura 1, pero en una realización alternativa con hendidura de montaje en el alma,
- La figura 4, lo mismo que la figura 1, pero en una realización alternativa con un casquillo inserto en el registro de pared de tubos o alternativamente con una abertura en la chapa de relleno para el paso de un tubo de un serpentín dispuesto dentro de la pared de tubos,

- La figura 5, lo mismo que la figura 2, pero en una realización alternativa con almohadillado en la semialma,
- La figura 6, lo mismo que la figura 1, en donde un extremo del registro de la pared de tubos esta curvado formando una esquina, representado esquemáticamente como vista en planta,
- 5 La figura 7, un arco de esquina como parte de unión del registro plano de pared de tubos, representado esquemáticamente como vista en planta,
- La figura 8, lo mismo que la figura 1, pero con una pieza de transición de una pared de tubos entubada oblicuamente a una pared de tubos entubada verticalmente, representado esquemáticamente como vista en alzado,
- 10 La figura 9, representado esquemáticamente, la unión en el sitio de montaje de los registros de pared de tubos en sus empalmes redonda-registro como una vista en alzado, ilustrándose en la parte superior de la figura la soldadura de los registros de pared de tubos y en la parte inferior el tratamiento térmico de revenido de las costuras de soldadura por medio de equipos de calentamiento localmente aplicados y actuantes,
- La figura 10, una sección parcial B-B de la figura 1 como sección transversal,
- La figura 11, representado esquemáticamente, la unión en el sitio de montaje de los registros de pared de tubos en sus empalmes alma-alma-registro como vista en alzado,
- 15 La figura 12, un detalle "E" de la figura 11 como sección longitudinal,
- La figura 13, una sección parcial C-C de la figura 11 como sección transversal,
- La figura 14, una sección parcial D-D de la figura 4 como sección transversal,
- La figura 15, una sección parcial I-I de la figura 4 como sección transversal,
- 20 La figura 16, un alzado lateral del alma o de la semialma (para una unión tubo-alma), esquemáticamente representado,
- La figura 17, una sección F-F de la figura 16 como sección transversal,
- La figura 18, una sección G-G de la figura 16 como sección transversal y
- La figura 19, una sección H-H de la figura 16 como sección transversal.
- 25 Las paredes de tubos 1 fabricadas según la invención se utilizan predominantemente en generadores de vapor, no representados, de centrales eléctricas calentadas con combustibles fósiles. Las paredes de tubos 1 rodean aquí a una cámara de combustión rectangular o cuadrada en la mayoría de los casos, así como a la chimenea de gas dispuesta sobre ella, en la cual están dispuestas superficies de calentamiento formadas en general por serpentines. Esto quiere decir en general que cuatro paredes laterales rodean como paredes de tubos a la cámara de combustión
- 30 o a la chimenea de gas del generador de vapor. Los respectivos tubos de las paredes de tubos 1, que están formadas por una combinación soldada de tubo-alma-tubo, arrastran consigo un medio de trabajo calentado por la combustión del combustible fósil y lo entregan a otros procesos. Según el modo de construcción del generador de vapor, las paredes de tubos 1 pueden entubarse vertical u oblicuamente o pueden conformarse con una combinación de entubado oblicuo y entubado vertical, es decir que los respectivos tubos discurren dentro de la
- 35 pared de tubos 1 oblicuamente o bajo un ángulo o bien verticalmente. Esto quiere decir, además, que, según el modo de construcción del generador de vapor o de la pared de tubos 1, puede existir una composición diferente de componentes de la pared de tubos integrada por registros planos 2 de pared de tubos, registros curvados 2.1 de pared de tubos, registros de transición 2.2 de pared de tubos y arcos de esquina 28. En paredes de tubos 1 dotadas solamente de un entubado oblicuo se suprimen los registros de transición 2.2 de pared de tubos en las transiciones
- 40 de zonas de la pared de tubos entubadas oblicuamente a zonas de dicha pared entubadas verticalmente, mientras que en paredes de tubos 1 dotadas solamente de un entubado vertical se suprimen, además, los acodamientos de los tubos en las esquinas de las paredes de tubos 1.
- La figura 1 muestra un registro plano 2 de pared de tubos terminado de fabricar en un taller, necesitándose un gran número de tales registros 2 de pared de tubos para fabricar las paredes de tubos 1 de un generador de vapor, no
- 45 representado, a cuyo fin se sueldan uno con otro en la obra, es decir, en el sitio de montaje, los registros 2 de pared de tubos en sus empalmes alma-alma-registro 6 y costura redonda-registro 7, los cuales forman el enmarcado exterior de los registros 2 de pared de tubos. El registro plano 2 de pared de tubos puede utilizarse tanto para paredes de tubos 1 de entubado vertical como para paredes de entubado oblicuo y, como se representa en la figura 1, puede configurarse en forma rectangular o bien, según las necesidades, puede hacerse también en forma de trapecio o con otra forma. Está constituido por un gran número de tubos 3, 3.1, almas 4 dispuestas entre los tubos 3, 3.1 y empalmes alma-alma-registro 6 (es decir, el empalme del registro o el borde exterior que se extiende a lo largo
- 50

de los ejes longitudinales de los tubos 3, 3.1 o paralelamente a los mismos) de los registros 2 de pared de tubos, cada uno con una semialma 5. Los tubos centrales 3 y las almas 4 consisten en aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo, preferiblemente el material X10CrWMoVNb9-2 (T92), y el respectivo tubo más exterior 3.1 de los dos lados de un registro plano 2 de pared de tubos consiste en aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo o en un material que no debe tratarse térmicamente. Las semialmas 5 consisten en un material que no debe tratarse térmicamente o en un acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo, aplicándose en el caso del último material sobre el lado longitudinal de las semialmas 5 un almohadillado 21 consistente en un material que no se debe tratar térmicamente (véase la figura 5). Por tanto, según la invención, los registros 2 de pared de tubos se forman a lo largo de los empalmes alma-alma-registro 6 con un material que no se debe tratar térmicamente. Todos los tubos 3, 3.1, las almas 4 y las semialmas 5 de un registro 2 de pared de tubos se unen en el taller por medio de costuras de soldadura 8 para formar un registro 2 de pared de tubos, pudiendo estar formadas las costuras de soldadura 8, según se representa en la figura 2, como costuras de garganta o bien de otra manera (dobles costuras en HV). Para aplicar las costuras de soldadura 8 en el taller y las costuras de soldadura 9 y 12 que se deben aplicar más tarde en el sitio de montaje (véanse las figuras 9 y 11) en los empalmes alma-alma-registro 6 y los empalmes costura redonda-registro 7 se han previsto unos biselados correspondientes en las superficies frontales de los tubos 3, 3.1, las almas 4 y las semialmas 5. En el almohadillado 21 aplicado, por ejemplo, por medio de soldadura de recargue se puede formar también el biselado en el mismo momento de su aplicación sobre el lado longitudinal de las semialmas 5. Las aberturas de pared o acodamientos que eventualmente resulten necesarios, por ejemplo para aberturas de quemadores, mirillas y similares en la pared de tubos 1 se tienen en cuenta durante la fabricación de los respectivos registros 2 de pared de tubos, pero no se ilustran en la figura 1.

Respecto del empleo o la utilización de materiales que no deben tratarse térmicamente se consideran o se contemplan materiales que, después de su soldadura con los componentes a unir, no tienen que ser tratados térmicamente por revenido ni sometidos a un tratamiento térmico posterior.

Respecto de la elección de los materiales para los tubos 3.1 y las semialmas 5 de los registros 2 de pared de tubos se procede de tal manera que, cuando las semialmas 5 consisten en acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo, los tubos adyacentes 3.1 consisten preferiblemente en el mismo material. Cuando las semialmas 5 son de un material que no se debe tratar térmicamente, los tubos adyacentes 3.1 pueden ser preferiblemente de acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo, a condición de que las semialmas 5 sean de suficiente longitud y la influencia de la costura de soldadura 8 entre la semialma 5 y el tubo 3.1 resulte ser pequeña. En caso de que las semialmas 5 sean muy cortas y, por tanto, la influencia de la costura de soldadura 8 entre la semialma 5 y el tubo 3.1 resulte ser grande, el tubo adyacente 3.1 se forma preferiblemente también de un material que no se debe tratar térmicamente.

En caso de que el generador de vapor esté formado con paredes de tubos 1 oblicuamente entubadas o bien oblicua y verticalmente entubadas, son necesarios para las paredes de tubos 1 oblicuamente entubadas unos registros 2.1 de pared de tubos cuyo extremo se curve según la figura 6 y, por tanto, forme una esquina de la pared de tubos 1. Para fabricar el registro 2.1 de pared de tubos se emplea un registro 2 de pared de tubos fabricado como se ha descrito más arriba y plano y se le curva en su extremo por medio de herramientas curvadoras correspondientes, de modo que el extremo del registro 2.1 de pared de tubos se transforme en una esquina. Se procede aquí preferiblemente de tal manera que los tubos 3, 3.1, las almas 4 y las semialmas 5 presenten en el extremo del lado del arco del registro 2.1 de pared de tubos al menos una zona recta corta, es decir, una longitud de ala definida Z_1 , y, por tanto, los extremos de tubo o de alma no terminen en el arco de tubo. La zona recta en la salida del tubo facilita más tarde la unión del empalme costura redonda-registro 7 en la obra. La longitud de ala Z_1 puede ascender a 0,3 hasta varios metros. Además, en el caso de registros curvados 2.1 de pared de tubos se utilizan junto a las semialmas 5 de un material que no debe tratarse térmicamente los tubos 3.1 aplicados a ellas, preferiblemente también de un material que no debe tratarse térmicamente. Esto facilita la realización de la soldadura en el sitio de montaje para el empalme alma-alma-registro 6.

Como alternativa al empleo de registros 2.1 de pared de tubos curvados en sus extremos para formar las paredes de tubos 1 se pueden utilizar registros planos 2 de pared de tubos que se unen con arcos de esquina 28 en las esquinas de las paredes de tubos 1 al montar en obra estas paredes de tubos 1. Se fabrican para ello en el taller, temporalmente en paralelo con los registros 2 de pared de tubos, unos arcos de esquina 28 según la figura 7, preferiblemente en forma individualizada o como arcos de esquina gemelos, presentando cada uno de los arcos de esquina (gemelos) 28 un alma de unión 29 para establecer posteriormente en el sitio de montaje una unión con el arco de esquina (gemelo) contiguo 28 (de conformidad con la unión tubo 3 y alma 4), uniéndose el alma de unión 29 con el arco de esquina (gemelo) 28 por medio de una costura de soldadura 30. El arco de esquina individual o gemelo 28 y el alma o las almas de unión 29 soldadas a ellos para formar una unión tubo-alma-tubo consisten en un material que no se debe tratar térmicamente. Esto hace posible una unión de los registros 2 de pared de tubos en el lugar de montaje con los arcos de esquina 28 y las almas de unión 29 por medio de soldadura, sin un tratamiento térmico de revenido posterior de los arcos de esquina 28 y las almas de unión 29. La decisión referente a si se tienen que utilizar registros curvados 2.1 de pared de tubos o registros planos 2 de pared de tubos en combinación con arcos de esquina 28 debe o puede adoptarse atendiendo a criterios comerciales y constructivos. Mientras que la utilización de registros curvados 2.1 de pared de tubos se manifiesta como más barata, la utilización de registros

planos 2 de pared de tubos en combinación con arcos de esquina 28 puede contabilizar ventajas en cuestiones de compensación de inexactitudes dimensionales en la zona de esquina de las paredes de tubos 1. Al igual que ocurre también con el registro curvado 2.1 de pared de tubos, los arcos de esquina 28 presentan en sus extremos al menos una corta zona recta, es decir, una longitud de ala definida Z_2 , debiendo ascender la longitud de ala Z_2 a al menos una vez el diámetro del tubo del arco de esquina (en general entre 30 y 50 mm).

Para generadores de vapor con paredes de tubos 1 dotadas de entubado oblicuo y entubado vertical se necesitan, además, unos registros de transición 2.2 de pared de tubos según la figura 8 que proporcionen la transición citada 32 de las paredes de tubos 1 dotadas de entubados diferentes. A este fin, se ensamblan dos registros planos 2 de pared de tubos fabricados o cortados ya con arreglo a los requisitos dimensionales, a cuyo fin se unen los extremos de los tubos 3, 3.1, las almas 4 y las semialmas 5 de los dos registros 2 de pared de tubos en la zona de transición 32 por medio de piezas de forma 24 y por medio de una costura de soldadura 25, estando las piezas de forma 24 soldadas también unas con otras. Como puede apreciarse en la figura 8, la forma geométrica de los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos no se limita a una configuración rectangular (como se representa en las figuras 1, 3 y 4), sino que puede ajustarse a los requisitos constructivos de la pared de tubos 1. Además, la distribución de los tubos de la pared de tubos 1 con entubado oblicuo en comparación con la pared dotada de entubado vertical puede ser diferente, con lo que, por ejemplo, a un tubo 3, 3.1 en la parte dotada de entubado oblicuo le corresponden dos tubos 3, 3.1 en la parte dotada de entubado vertical de la pared de tubos 1.

Para poder compensar las inexactitudes dimensionales respecto de las diferencias de distribución en los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos durante el ensamble o soldadura posterior en el sitio de montaje de los empalmes costura redonda-registro 7 de los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos, así como las dilataciones térmicas durante el tratamiento térmico local en la obra, puede estar dispuesta en al menos una de las almas 4 del registro 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos, sobre una zona parcial de su extensión alargada y partiendo de un extremo del alma 4 o de ambos extremos del alma 4, una hendidura de montaje alargada 18 formada en la dirección alargada del alma 4 con una longitud definida (por ejemplo, 0,3 a 1,0 m) y una anchura de hendidura definida (por ejemplo, 3 a 6 mm). La figura 3 muestra una hendidura de montaje 18 que parte solamente de un extremo del alma 4, es decir, de uno de los dos empalmes costura redonda-registro 7. En este caso, el alma 4 consistente en acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo es sustituida en la zona de la hendidura de montaje 18 por un alma 4.1 consistente en un material que no debe tratarse térmicamente, pudiendo corresponder la longitud del alma 4.1 a la longitud de la hendidura de montaje 18 más una sobremedida X de 10 a 100 mm. Debido al empleo del alma 4.1 consistente en un material que no debe tratarse térmicamente se hace posible que se cierre o rellene la hendidura de montaje 18 después de la adaptación y la soldadura en el sitio de montaje de los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos por medio de la costura de soldadura 23, sin que esta costura de soldadura 23 tenga que ser sometida posteriormente a un tratamiento térmico. La figura 11 muestra varios registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos soldados uno con otro que están formados con un gran número de tales hendiduras de montaje 18. Por ejemplo, cada tercera, segunda o cada alma 4 puede estar formada con una hendidura de montaje 18 y, por tanto, con un alma 4.1. Asimismo, la figura 11 muestra a título de ejemplo unos registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos que están formados con hendiduras de montaje 18, y por tanto, con almas 4.1 en ambos extremos de las almas 4 de un respectivo registro 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos, es decir, en ambos empalmes costura redonda-registro 7.

El cierre posterior de las hendiduras de montaje 16 en el sitio de montaje por medio de costuras de soldadura 23 puede conducir, especialmente en el caso de almas estrechas 4.1, a que los tubos 3, 3.1 adyacentes al alma 4.1 y consistentes en acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo tengan que ser sometidos seguidamente a un tratamiento térmico. Este tratamiento térmico eventualmente necesario puede evitarse enmanguitando los respectivos tubos adyacentes 3, 3.1 según la figura 12, en la zona de la hendidura de montaje 18 o del alma 4.1, con un material que no debe tratarse térmicamente. Es decir que en la zona de la hendidura de montaje 18 o del alma 4.1 se sustituyen los extremos de los tubos 3, 3.1 consistentes en acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo por enmanguitados tubulares 19 consistentes en un material que no debe tratarse térmicamente. La longitud de los enmanguitados tubulares 19 se adapta aquí preferiblemente a la longitud de las almas 4.1.

En zonas 26 de las paredes de tubos 2 del generador de vapor, en los que se introducen o se hacen pasar tubos 14 de serpentines o superficies de calentamiento dispuestos dentro de las paredes de tubos 1 y no representados, según las figuras 4, 14 y 15, a través de la pared de tubos 1, se prevén dentro de los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos, para recibir y dejar pasar el tubo 14, unos medios de alojamiento que presentan cada uno de ellos una abertura de paso 20 adecuada para el paso del tubo 14 y que consisten en un material que no se debe tratar térmicamente. Como medio de alojamiento puede servir una chapa de relleno 22 o un casquillo 13. El casquillo 13 se utiliza en general cuando el alma 4 o las dos semialmas 5 entre los tubos 3, 3.1 es lo suficientemente ancha como para recibir un casquillo 13 y poder soldarlo en el alma 4 o en las semialmas 5 por medio de una costura de soldadura 15 (véase la figura 14). En los casos en los que el alma 4 es demasiado estrecha, se curva, por ejemplo, un tubo 3, 3.1 hacia fuera del plano del registro y se rellena el espacio libre obtenido con una chapa de relleno 22 y se le suelda con los adyacentes tubos 3, 3.1 y/o almas 4 y/o semialmas 5 por medio de una costura de soldadura 15 (véanse las figuras 4 y 15). Según la disposición geométrica de las zonas 26 en las paredes de tubos 1, en las que los tubos 14, incluyendo sus casquillos 17, atraviesan las paredes de tubos 1, puede ocurrir que un registro 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos presente una o varias zonas 26 con pasos de tubo o no presente ninguna de estas zonas. La

distancia entre los tubos 14 conducidos a través de las paredes de tubos 1 corresponde en general a un múltiplo del régimen de distribución de los tubos dentro de las paredes de tubos 1, es decir que los pasos de tubo resultan ser generalmente iguales en el aspecto constructivo. Asimismo, es posible insertar adicionalmente en la chapa de relleno 22 prevista como medio de alojamiento un casquillo 13 para recibir el tubo 14 y unirlos entre ellos por medio de una costura de soldadura 15. Véase a este respecto la figura 14, si bien aquí el casquillo 13 no se dispone en el alma 4, sino en la chapa de relleno 22 (véase 22 entre paréntesis).

Después de la fabricación o terminación de los registros 2, 2.1, 2.3 de pared de tubos en el taller (lado del taller) se procede también en el taller, en un paso siguiente del procedimiento, a someter las costuras de soldadura 8, 15, 21 y 25 de todos los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos a un tratamiento térmico de revenido en un primer equipo de calentamiento no representado. Como primer equipo de calentamiento se utiliza en general un horno adaptado para ello en base a las dimensiones de los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos, en el cual se tratan térmicamente los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos de uno en uno o en grupos de varios de ellos. Se procura así según la invención que una parte considerable de las costuras de soldadura a aplicar a los registros de pared de tubos sea sometida ya en el lado del taller a un tratamiento térmico de revenido y, por tanto, no requiera ya a este respecto ningún gasto adicional durante el montaje en la obra. El listado anterior indica todos los posibles registros de pared de tubos o todas las posibles costuras de soldadura para el tratamiento térmico. Como ya se ha indicado, según la construcción de los generadores de vapor y, por tanto, también de las paredes de tubos 1, puede utilizarse solamente una forma de los registros de pared de tubos y de sus costuras de soldadura. El tratamiento térmico de revenido de las costuras de soldadura 8, 15, 21 y 25 dentro del primer equipo de calentamiento se realiza ventajosamente a una temperatura de 740° a 780°C y más ventajosamente durante un espacio de tiempo de 2 min/mm de espesor de pared, pero al menos durante 60 min.

Después de terminado este paso del procedimiento se pueden llevar los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos a la obra para erigir las paredes de tubos 1 de un generador de vapor a erigir que no se ha representado. A este fin, en el paso siguiente del procedimiento se unen los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos en la obra, es decir, en el lado de montaje, en sus empalmes costura redonda-registro 7 por medio de costuras de soldadura 9 (las figuras 9, 10 y 12 muestran la unión de dos registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos). Para aplicar las costuras de soldadura redondas 9 se tiene que, según la figura 12, las almas 4, 4.1 y las semialmas 5 se han realizado en el lado del taller con una longitud algo más pequeña que la de los tubos 3, 3.1, de modo que se origina un espacio libre para confeccionar las costuras de soldadura redondas 9 en los tubos 3, 3.1. Después de la aplicación de las costuras de soldadura redondas 9 se insertan chapas de relleno 27 en el espacio libre y se unen éstas por medio de una costura de soldadura 9.1 con los tubos 3, 3.1 y con las almas 4, 4.1 o las semialmas 5. Si en lugar de los registros curvados 2.1 de pared de tubos se emplean arcos de esquina 28 para la formación de las esquinas en paredes de tubos 1 dotadas de entubado oblicuo, se unen entonces los arcos de esquina 28, incluyendo sus almas de unión 29, con los registros planos 2 de pared de tubos por medio de costuras de soldadura 9, 9.1.

A continuación de este paso del procedimiento se efectúa el siguiente paso del procedimiento en la obra, en el que las costuras de soldadura 9, 9.1 son sometidas a un tratamiento térmico de revenido por medio de unos segundos equipos de calentamiento 10 montados en la zona de las costuras de soldadura 9, 9.1, es decir, localmente, y a ambos lados de los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos; véase a este respecto la zona inferior de las figuras 9 y 10. El tamaño de la zona de revenido o de recocido y los parámetros de revenido individuales se fijan de antemano de conformidad con los requisitos, es decir que la zona de aportación de calor, el gradiente de calentamiento y el gradiente de enfriamiento se definen exactamente de antemano. Dependiendo de condiciones constructivas y geométricas, se pueden utilizar unos terceros equipos de calentamiento adicionales 11 en la zona contigua al segundo equipo de calentamiento 10, los cuales generan un calor de apoyo para reducir el gradiente de temperatura y el esfuerzo resultante de la diferencia de temperatura. El segundo y el tercer equipos de calentamiento 10, 11 pueden consistir en cartuchos de recocido por resistencia geoméricamente adaptados que, en caso necesario, cubran y, por tanto, traten térmicamente también la zona de la costura de soldadura 23 después del cierre de las hendiduras de montaje 18. La zona de recocido para un tratamiento térmico puede extenderse por toda la anchura del registro de pared de tubos o por zonas definidas de la anchura del registro o por zonas de costura redonda individuales o por zonas de hendidura de montaje individuales. Como ocurre durante el tratamiento térmico de revenido de las costuras de soldadura 8, 15, 21 y 25 en el taller, el tratamiento térmico de revenido se realiza aquí también ventajosamente a una temperatura de 740 a 780°C y más ventajosamente durante un espacio de tiempo de 2 min/mm de espesor de pared, pero al menos durante 60 min.

Después del tratamiento térmico de revenido de las costuras de soldadura 9, 9.1 y eventualmente 23 en el lado de la obra se unen en el siguiente paso del procedimiento los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos (las figuras 11 y 13 muestran la unión de varios registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos) en sus empalmes de alma-alma-registro 6 por medio de costuras de soldadura 12 a fin de obtener paredes de tubos completas 1. Debido a la construcción de los distintos constituyentes de los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos según la invención no es necesario un tratamiento térmico de revenido de las costuras de soldadura 12.

Después del ensamble de las paredes de tubos 1 en el lado del montaje, los tubos 14 de los serpentines dispuestos dentro de las paredes de tubos 1 y no representados pueden ser conducidos a través de los medios de alojamiento

previstos en las paredes de tubos 1, como lo están allí los casquillos 13 o las chapas de relleno 22, y pueden unirse con estos según la figura 14 o la figura 15 por medio de soldadura. A este fin, se introducen en el casquillo 13 o en la chapa de relleno 22 los tubos preparados 14, que presentan o tienen preparado un casquillo 17 consistente en un material que no se debe tratar térmicamente y soldado con el tubo 14 en la zona de paso de la pared de tubos 1, de modo que el casquillo 13 o la chapa de relleno 22 y el casquillo 17 forman un sitio de unión. A continuación, se unen en el lado del montaje los dos casquillos 13 y 17 o la chapa de relleno 22 y el casquillo 17 por medio de una costura de soldadura 16. A causa de la realización del sitio de unión según la invención, no es necesario un tratamiento térmico de revenido subsiguiente de la costura de soldadura 16.

Para tener en la obra la posibilidad de poder soldar los componentes correspondientemente necesarios a la pared de tubos 1 del generador de vapor, sin tener que realizar a continuación un tratamiento térmico de revenido, se pueden crear medidas correspondientes. A este fin, los sitios de montaje-unión de soldadura - es decir, los sitios a los que se sueldan otros componentes en la obra - de piezas de soldadura, por ejemplo mordazas de soldadura, no representadas y consistentes predominantemente en acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo, se forman en el lado del taller con un chapeado consistente en un material que no debe tratarse térmicamente y/o con un semiproducto forjado o laminado consistente en material que no debe tratarse térmicamente y/o con un forro consistente en un producto de soldadura que no debe tratarse térmicamente, y se sueldan las piezas de soldadura a continuación en el lado del taller con el registro 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos y seguidamente se realiza un tratamiento térmico de revenido de las mismas en el primer equipo de calentamiento.

Según las figuras 16 y 18, las superficies laterales 31 - adyacentes a los tubos - de las almas 4, 4.1 y las semialmas 5 están formadas con cantos laminados naturales de hasta 2 mm cada uno de ellos (véase la figura 18). Esto sirve para limitar la rendija residual de la soldadura entre el tubo 3, 3.1 y el alma 4, 4.1 o la semialma 5 y también sirve como fundamento para la utilización de parámetros de soldadura optimizados con respecto a tensiones de soldadura reducidas. Asimismo, según las figuras 16, 17 y 19, las superficies laterales 31 - adyacentes a los tubos - de las almas 4, 4.1 y las semialmas 5 se forman en la zona del tratamiento térmico local de los empalmes costuras redonda-registro 7 con un biselado para una doble costura en HV, de modo que la unión tubo-alma se puede realizar en el lado del taller como una conexión completa. La zona Y del biselado para una doble costura en HV puede estar comprendida entre 20 y 200 mm.

Para los tubos 3, 3.1, las almas 4, las semialmas 5, las piezas de forma 24 y las chapas de relleno 27 de acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo se utiliza preferiblemente el material X10CrWMoVNB9-2 (T92). Como alternativa a esto, se puede utilizar el material VM12-SHC (designación de fábrica de la firma Vallourec-Mannesmann). Para los componentes de los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos consistentes en un material que no se debe tratar térmicamente se utiliza de preferencia la aleación 617 (NiCr23Co12Mo) o la aleación 617mod. (NiCr23Co12Mo mod.). Para los medios de alojamiento 13, 22 se pueden utilizar también, como alternativa a esto, unos materiales austeníticos correspondientes resistentes al calor.

Las soldaduras de relleno en la zona de los empalmes costura redonda-registro 7 realizados en el lado de montaje (costuras de soldadura 9.1) y de las hendiduras de montaje 18 (costuras de soldadura 23) se realizan preferiblemente por medio de procedimientos WIG.

Para reducir tensiones y alabeos se pueden precalentar las uniones de soldadura UP - realizadas a máquina y en el lado del taller - de los tubos 3, 3.1 con las almas 4, 4.1 o las semialmas 5.

Para excluir la aparición de fisuras durante la fabricación y procesamiento de los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos en el taller, se pueden realizar recocidos intermedios antes de completar el trabajo con un tratamiento térmico final subsiguiente de los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos.

Para que la zona de recocido de los registros 2, 2.1, 2.2 de pared de tubos sea aliviada de fuerzas durante el tratamiento térmico de revenido se puede realizar una desviación de la fuerza del peso propio por medio de construcciones auxiliares hidráulicas o mecánicas, referido cada vez al caso de aplicación.

Para soldar entre ellos los tubos 3, 3.1, las almas 4, las semialmas 5, las piezas de forma 24 y las chapas de relleno 27, consistentes en aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo, se emplea preferiblemente un material aditivo de soldadura de la misma clase.

Para soldar entre ellos los tubos 3.1, las almas 4.1, las semialmas 5, los casquillos 13, las chapas de relleno 22, los arcos de esquina 28, las almas de unión 29 en los arcos de esquina 28 y los forros 21, consistentes en material que no se debe tratar térmicamente, se emplea preferiblemente un material aditivo de soldadura de la misma clase.

Para soldar los tubos 3, 3.1, las almas 4, las semialmas 5, las piezas de forma 24 y las chapas de relleno 27, consistentes en aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo, con los tubos 3.1 y/o las almas 4.1 y/o las semialmas 5 y/o los casquillos 13 y/o las chapas de relleno 22 y/o los arcos de esquina 28 y/o las almas de unión 29 en los arcos de esquina 28 y/o los forros 21, consistentes en un material que no se debe tratar térmicamente, se

emplea preferiblemente un material aditivo de soldadura que no se debe tratar térmicamente.

Referencias citadas en la descripción

La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aun cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Lista de símbolos de referencia

	1	Pared de tubos
	2	Registro de pared de tubos
	2.1	Registro de pared de tubos
10	2.2	Registro de pared de tubos
	3	Tubo
	3.1	Tubo
	4	Alma
	4.1	Alma
15	5	Semialma
	6	Empalme alma-alma-registro
	7	Empalme costura redonda-registro
	8	Costura de soldadura, lado del taller
	9	Costura de soldadura, lado de montaje
20	9.1	Costura de soldadura lado de montaje
	10	Segundo equipo de calentamiento
	11	Tercer equipo de calentamiento
	12	Costura de soldadura, lado de montaje
	13	Casquillo
25	14	Tubo de un serpentín
	15	Costura de soldadura, lado del taller
	16	Costura de soldadura, lado de montaje
	17	Casquillo
	18	Hendidura de montaje
30	19	Enmanguitado tubular
	20	Abertura de paso
	21	Forro
	22	Chapa de relleno en el paso de tubo
	23	Costura de soldadura, lado de montaje (cierre de hendidura de montaje)
35	24	Pieza de forma
	25	Costura de soldadura, lado del taller
	26	Zona de pared de tubos con paso de tubo
	27	Chapa de relleno en el empalme costura redonda-registro
	28	Arco de esquina
40	29	Alma de unión en el arco de esquina
	30	Costura de soldadura, lado del taller
	31	Superficie lateral de las almas y semialmas adyacente a los tubos
	32	Transición entre tubos oblicuos y verticales de la pared de tubos

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar paredes de tubos de generadores de vapor que consisten predominantemente en aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo, en el que las paredes de tubos (1) están formadas por una combinación tubo-alma-tubo y compuestas de un gran número de al menos uno de los constituyentes de la pared de tubos integrados por registros planos (2) de pared de tubos, registros curvados (2.1) de pared de tubos, registros de transición (2.2) de pared de tubos y arcos de esquina (28), y están construidas en zonas (26) de la pared de tubos con medios de alojamiento (13, 22) realizados con sendas aberturas de paso (20) en las que se conducen tubos (14) a través de la pared de tubos (1), y los registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos presentan en su periferia unos empalmes alma-alma-registro (6) en el lado longitudinal y unos empalmes costura redonda-registro (7) en el lado transversal, y el procedimiento comprende los pasos siguientes:

a) fabricación en el lado del taller de los registros planos y/o curvados y/o de transición (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos y/o de los arcos de esquina (28) uniendo los tubos (3, 3.1), las almas (4) y las semialmas (5) por medio de costuras de soldadura (8) y los medios de alojamiento (13, 22) por medio de costuras de soldadura (15) para obtener registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos, en donde los registros de transición (2.2) de pared de tubo están contruidos con piezas de forma (24) que están unidas en la zona de transición (32) con los extremos de los tubos oblicuos y los tubos verticales (3, 3.1) por medio de una costura de soldadura (25), y uniendo el arco de esquina (28) con un alma de unión (29) por medio de una costura de soldadura (30), y en donde los tubos centrales (3) y las almas (4) consisten en un acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo y el respectivo tubo más exterior (3.1) de los dos lados de un registro (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos consiste en un acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo o en un material que no se debe tratar térmicamente, las semialmas (5) dispuestas en los empalmes alma-alma-registro (6) consisten en un material que no se debe tratar térmicamente o bien consisten en un acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo y se aplica sobre éstas a lo largo de los dos empalmes alma-alma-registro (6) un almohadillado (21) consistente en un material que no requiere ningún tratamiento térmico de revenido, los medios de alojamiento (13, 22) consisten en un material que no se debe tratar térmicamente, los arcos de esquina (28) con las almas de unión (29) consisten en un material que no se debe tratar térmicamente, y las piezas de forma (24) consisten en un acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo o en un material que no se debe tratar térmicamente,

b) tratamiento térmico de revenido, en el lado del taller, de las costuras de soldadura (8, 15, 21, 25) de los registros fabricados (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos por medio de un primer equipo de calentamiento,

c) unión, en el lado de montaje, de los registros planos y/o curvados y/o de transición (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos y/o de los arcos de esquina (28) en sus empalmes de costura redonda-registro (7), con inserción de chapas de relleno (27), por medio de costuras de soldadura (9, 9.1), consistiendo las chapas de relleno (27) en un acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo,

d) tratamiento térmico de revenido, en el lado de montaje, de las costuras de soldadura (9, 9.1) en los empalmes costura redonda-registro (7) de los registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos y/o de los arcos de esquina (28) por medio de unos segundos equipos de calentamiento (10) montados en la zona de las costuras de soldadura (9, 9.1) y a ambos lados de los registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos,

e) unión, en el lado de montaje, de los registros planos y/o curvados y/o de transición (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos y/o de los arcos de esquina (28) en sus empalmes alma-alma-registro (6) por medio de costuras de soldadura (12), sin tratamiento térmico de revenido subsiguiente de estas costuras de soldadura (12).

f) conducción de los tubos (14) preparados con casquillos sobrepuestos (17) a través de los respectivos medios de alojamiento (13, 22) de las paredes de tubos (1), a cuyo fin los casquillos (17) preparados a base de un material que no se debe tratar térmicamente están dispuestos en las respectivas zonas de paso de la pared de tubos (1) y están unidos con el tubo (14), y unión, en el lado de montaje, del casquillo (17) con el medio de alojamiento (13, 22) con ayuda de una costura de soldadura (16), sin tratamiento térmico de revenido subsiguiente de estas costuras de soldadura (16).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los arcos de esquina (28) están configurados como arcos individuales o arcos gemelos.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, además del paso a), al menos una de las almas (4) de un registro (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos presenta, sobre una zona parcial de su extensión alargada y partiendo de un extremo del alma (4) o de ambos extremos del alma (4), una hendidura de montaje (18) formada en la dirección longitudinal del alma (4) para la compensación de inexactitudes dimensionales, y porque el alma (4) consistente en acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo es sustituida en la zona de la hendidura de montaje (18) por un alma (4.1) que consiste en un material que no tiene que ser tratado térmicamente.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque, además del paso c) de la reivindicación 1, las hendiduras de montaje (18) son cerradas en el lado de montaje, por medio de costuras de soldadura (23), después de la compensación de inexactitudes dimensionales en los registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** porque, además, del paso d) de la reivindicación 1, se efectúa en el lado de montaje un tratamiento térmico de revenido de las costuras de soldadura (23) en las hendiduras de montaje (18) de los registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos por medio de unos segundos equipos de calentamiento (10) montados en la zona de las costuras de soldadura (23) y a ambos lados de los registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos.
10. 6. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque la longitud del alma (4.1) corresponde a la longitud de la hendidura de montaje (18) más una sobremedida (X) de 10 a 100 mm.
7. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque algunos o todos los tubos (3, 3.1) de un registro (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos están formados en su empalme costura redonda-registro (7) con un enmanguitado tubular (19) de un material que no se debe tratar térmicamente.
15. 8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado** porque los tubos (3, 3.1) están formados con un enmanguitado tubular (19) en la proximidad inmediata de una hendidura de montaje (18) y la longitud del enmanguitado tubular (19) corresponde a la longitud del alma (4.1).
20. 9. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el medio de alojamiento están configurado como una chapa de relleno (22) y ésta cierra una abertura que se origina por el curvado de al menos un tubo (3, 3.1) en la zona (26) de la pared de tubos dotada de un paso de tubo, uniéndose la chapa de relleno (22) por medio de una costura de soldadura (15) con los tubos (3, 3.1) y/o las almas (4, 4.1) y/o las semialmas (5) que rodean a la abertura liberada.
25. 10. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 9, **caracterizado** porque el medio de alojamiento está configurado como un casquillo (13) y éste se dispone dentro de un alma (4) o dentro de dos semialmas (5) o dentro de una chapa (22) y se suelda con éstas.
30. 11. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, además del paso d), se utilizan unos terceros equipos de calentamiento adicionales (11) para generar calor de apoyo en la zona contigua a los segundos equipos de calentamiento (10) montados en la zona de las costuras de soldadura (9, 9.1) y a ambos lados de los registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos.
12. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, cuando se emplea una semialma (5) consistente en acero martensítico con un contenido de 9-12 % de cromo, el tubo adyacente (3.1) consiste también en acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo.
35. 13. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 5 u 11, **caracterizado** porque, durante el tratamiento térmico de revenido, se alivia de fuerzas la zona de recocido de los registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos por medio de una desviación de la fuerza del peso propio a través de una construcción auxiliar hidráulica o mecánica.
40. 14. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 3, **caracterizado** porque las almas (4, 4.1) y las semialmas (5) están formadas en sus superficies laterales (31) adyacentes a los tubos con unos cantos laminados naturales de hasta 2 mm cada uno de ellos.
15. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 3, **caracterizado** porque las superficies laterales (31) - adyacentes a los tubos - de las almas (4, 4.1) y las semialmas (5) están formadas en la zona de los empalmes costura redonda-registro (7) con un biselado para una doble costura en HV.
45. 16. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 4, **caracterizado** porque las costuras de soldadura (9.1, 23) realizadas como soldaduras de relleno en las chapas de relleno (27) y/o en las hendiduras de montaje (18) se producen por medio de procedimientos WIG.
50. 17. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 3, **caracterizado** porque, antes de la unión, en el lado del taller, de las almas (4, 4.1) y las semialmas (5) con los tubos (3, 3.1) por medio de una costura de soldadura (8), se precalientan estos componentes y a continuación se producen las costuras de soldadura (8) por medio de procedimientos de soldadura UP.
18. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, además del paso a), en el curso de la fabricación de los registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos se someten a un recocido intermedio algunas partes o segmentos de los registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos que aún no se han completado.
19. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, para la soldadura de componentes en el lugar de montaje, se forman en el lado del taller unos sitios adecuados de montaje-unión de soldadura de piezas de

- 5 soldadura adicionales, consistentes predominantemente en acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo, con un chapeado consistente en un material que no se debe tratar térmicamente y/o con un semiproducto forjado o laminado consistente en un material que no se debe tratar térmicamente y/o con un forro de soldadura consistente en un material que no se debe tratar térmicamente, y las piezas de soldadura son soldadas seguidamente en el lado del taller con los registros (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos antes de que sean sometidas al paso b).
- 10 20. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque, para soldar entre ellos los tubos (3, 3.1), las almas (4), las semialmas (5), las piezas de forma (24) y las chapas de relleno (27), consistentes en aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo, se emplea un material aditivo de soldadura de la misma clase.
- 15 21. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque, para soldar entre ellos los tubos (3.1), las almas (4.1), las semialmas (5), los casquillos (13), las chapas de relleno (22), los arcos de esquina (28), las almas de unión (29) en los arcos de esquina (28) y los almohadillados (21), consistentes en un material que no se debe tratar térmicamente, se emplea un material aditivo de soldadura de la misma clase.
- 20 22. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque, para soldar los tubos (3, 3.1) y/o las almas (4) y/o las semialmas (5) y/o las piezas de forma (24) y/o las chapas de relleno (27), consistentes en aceros martensíticos con un contenido de 9-12% de cromo, con los tubos (3.1) y/o las almas (4.1) y/o las semialmas (5) y/o los casquillos (13) y/o las chapas de relleno (22) y/o los arcos de esquina (28) y/o las almas de unión (29) en los arcos de esquina (28) y/o los almohadillados (21), consistentes en un material que no se debe tratar térmicamente, se emplea un material aditivo de soldadura que no requiere ningún tratamiento térmico posterior.
- 25 23. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se utiliza como acero martensítico con un contenido de 9-12% de cromo el material X10CrWMoVNb9-2.
24. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se utiliza como material que no debe tratarse térmicamente el material NiCr23Co12Mo mod o NiCr23Co12Mo.
25. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, según el paso a) para fabricar registros curvados (2.1) de pared de tubos, las semialmas (5) y los respectivos tubos más exteriores (3.1) consisten en un material que no se debe tratar térmicamente.
- 30 26. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, para fabricar paredes de tubos (1) con entubado oblicuo, se emplean registros planos y curvados (2, 2.1) de pared de tubos o registros planos (2) de pared de tubo y arcos de esquina (28),
27. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, para fabricar paredes de tubos (1) con entubado vertical, se emplean registros planos (2) de pared de tubos.
- 35 28. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, para fabricar paredes de tubos (1) con entubado oblicuo y vertical, se emplean registros planos, curvados y de transición (2, 2.1, 2.2) de pared de tubos o registros planos y de transición (2, 2.2) de pared de tubos y arcos de esquina (28).
29. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el tratamiento térmico de revenido se efectúa a una temperatura de 740 a 780°C.
- 40 30. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el tratamiento térmico de revenido se efectúa durante un espacio de tiempo de 2 min/mm de espesor de pared, pero al menos durante 60 min.

Fig. 1

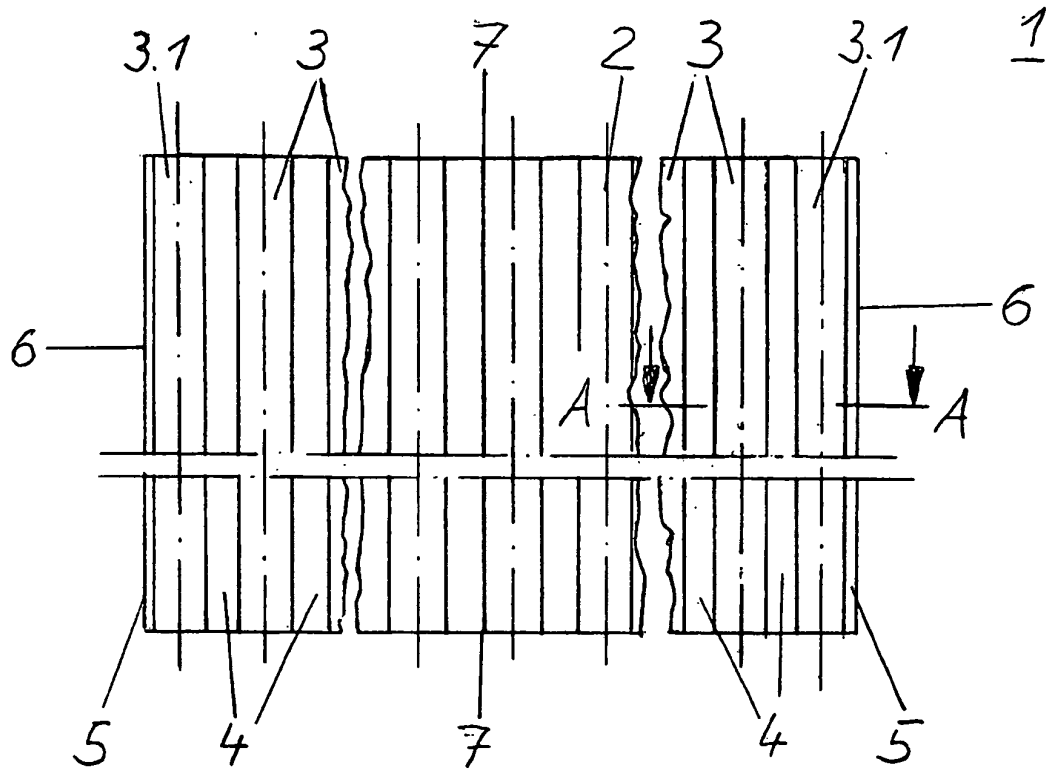


Fig. 2

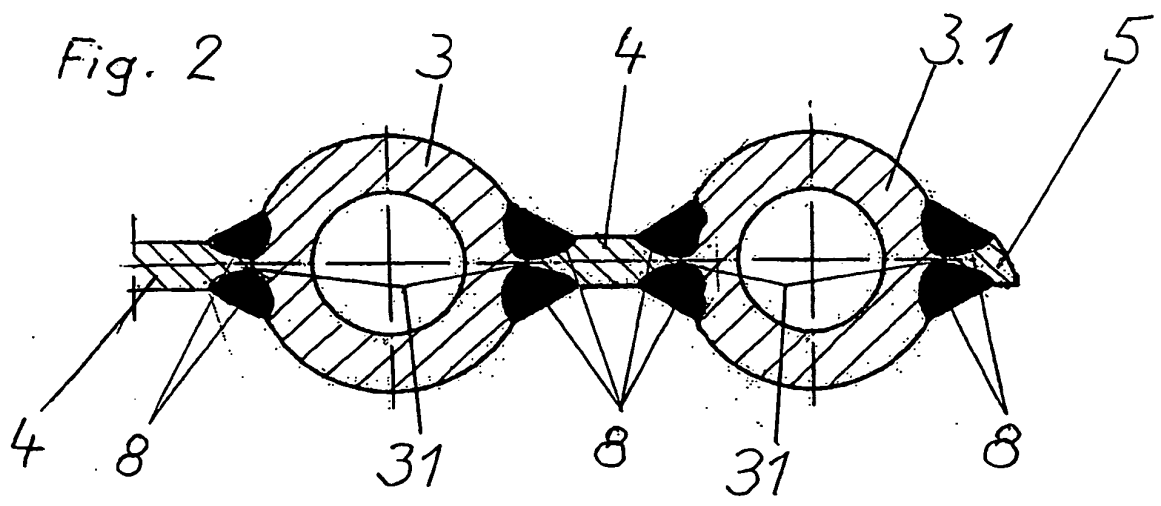


Fig. 3

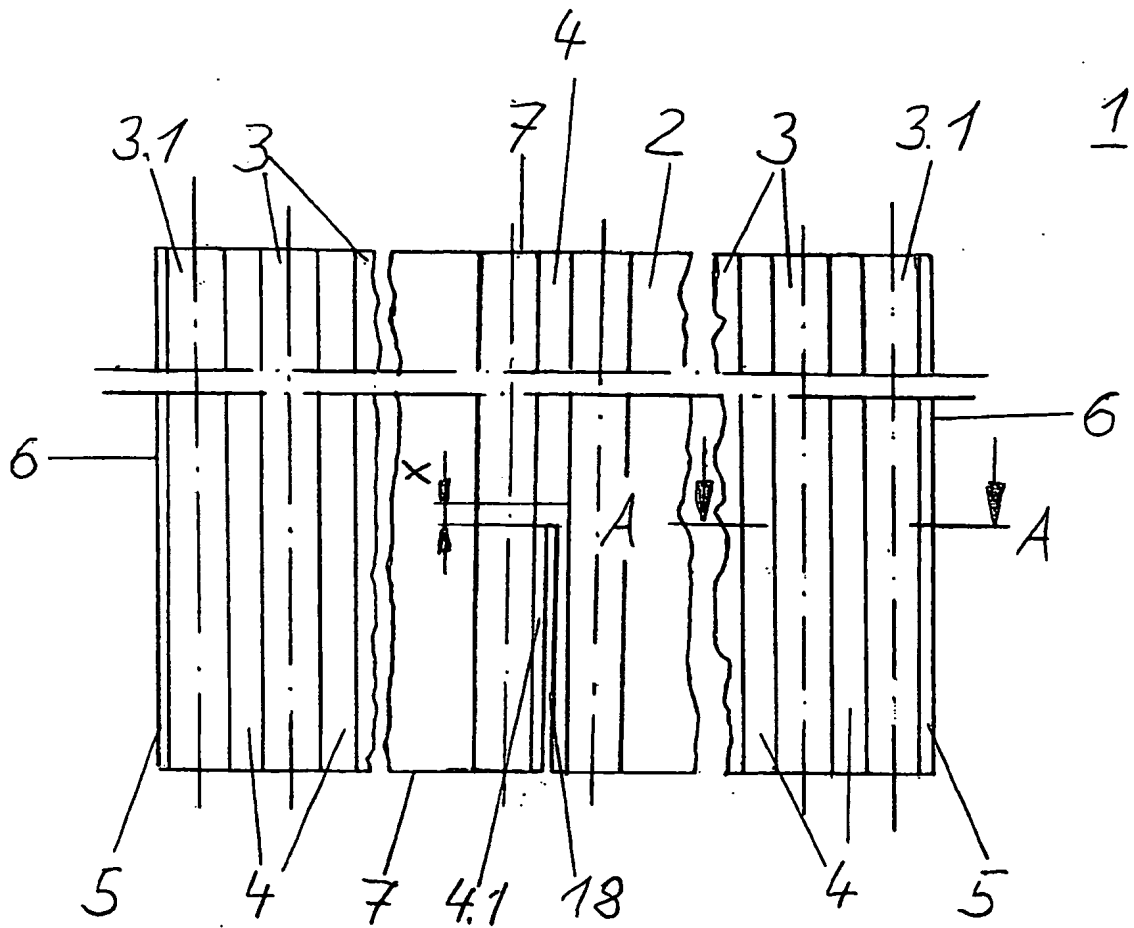


Fig. 4

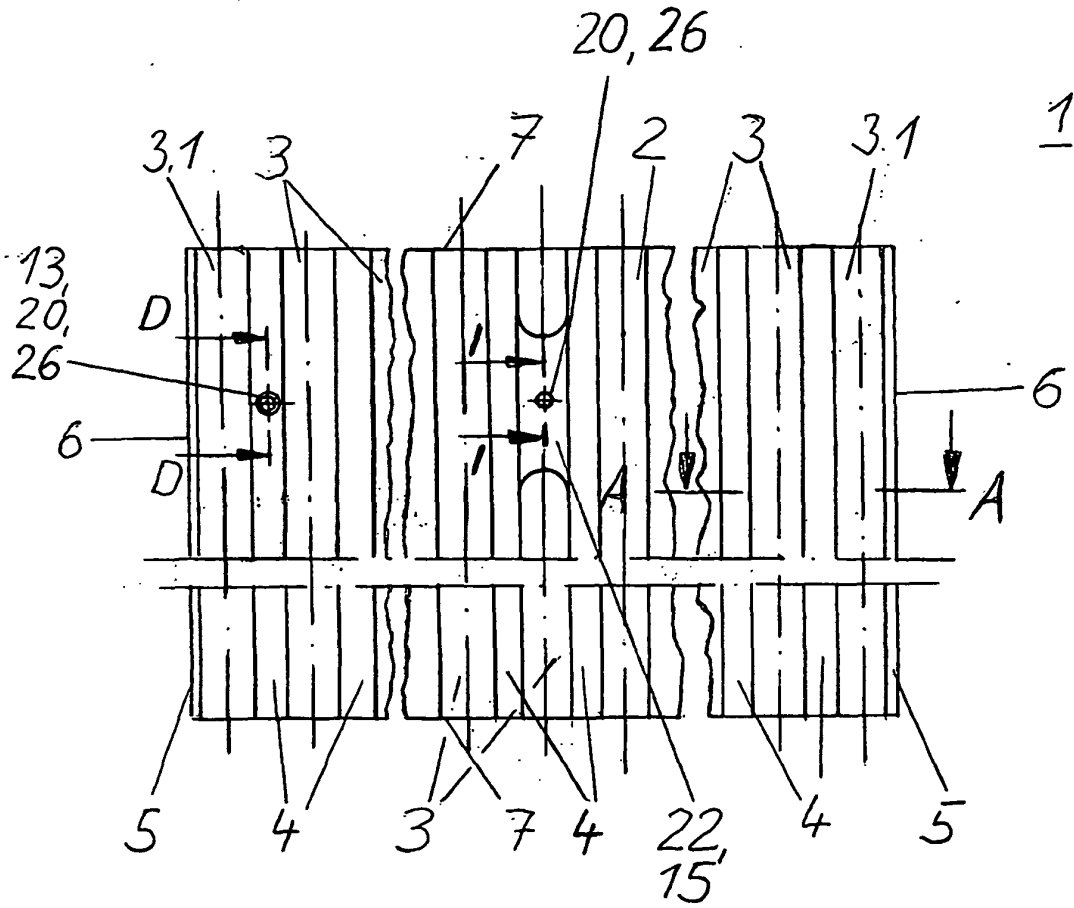


Fig. 5

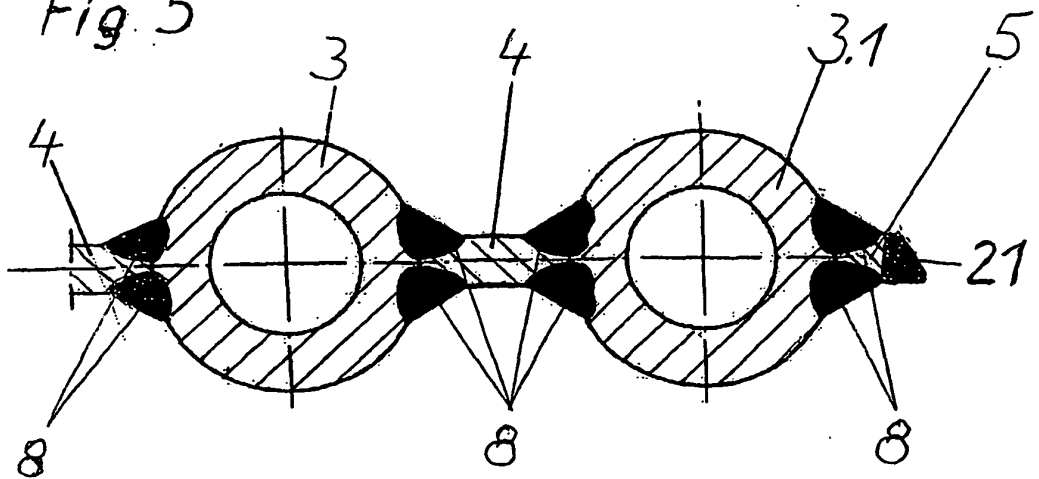


Fig. 6

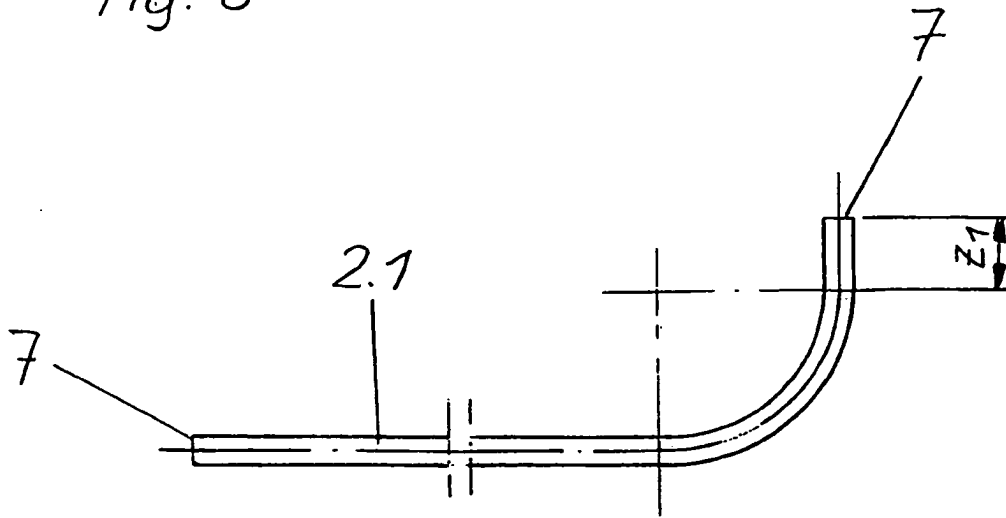


Fig. 7

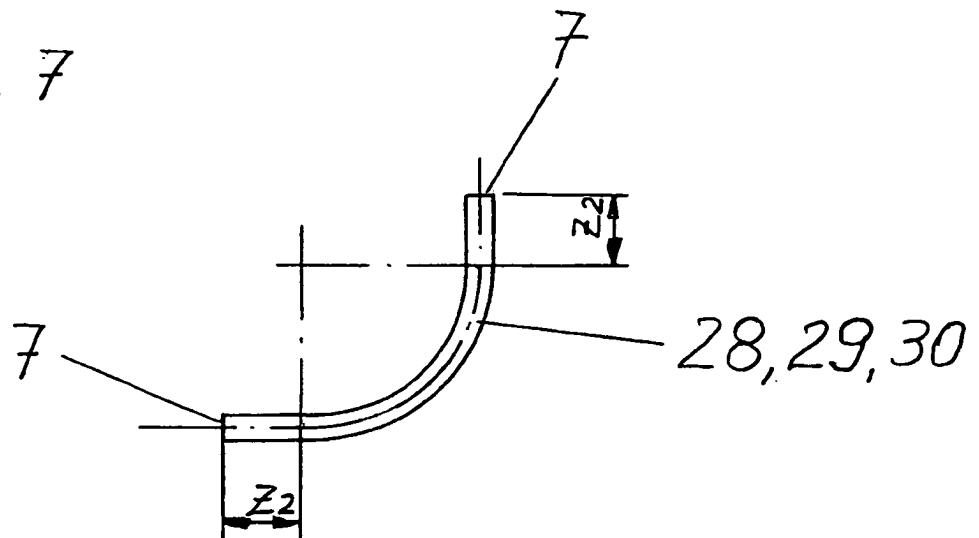


Fig. 8

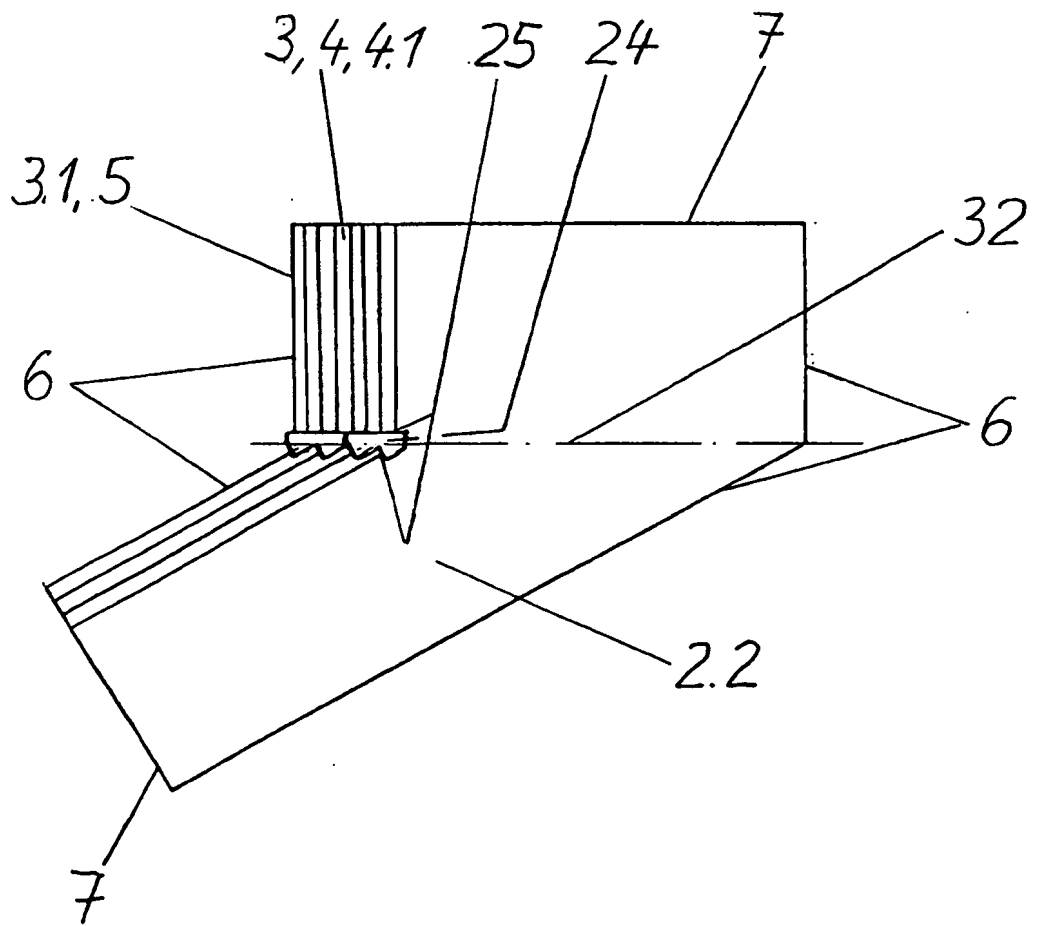


Fig. 9

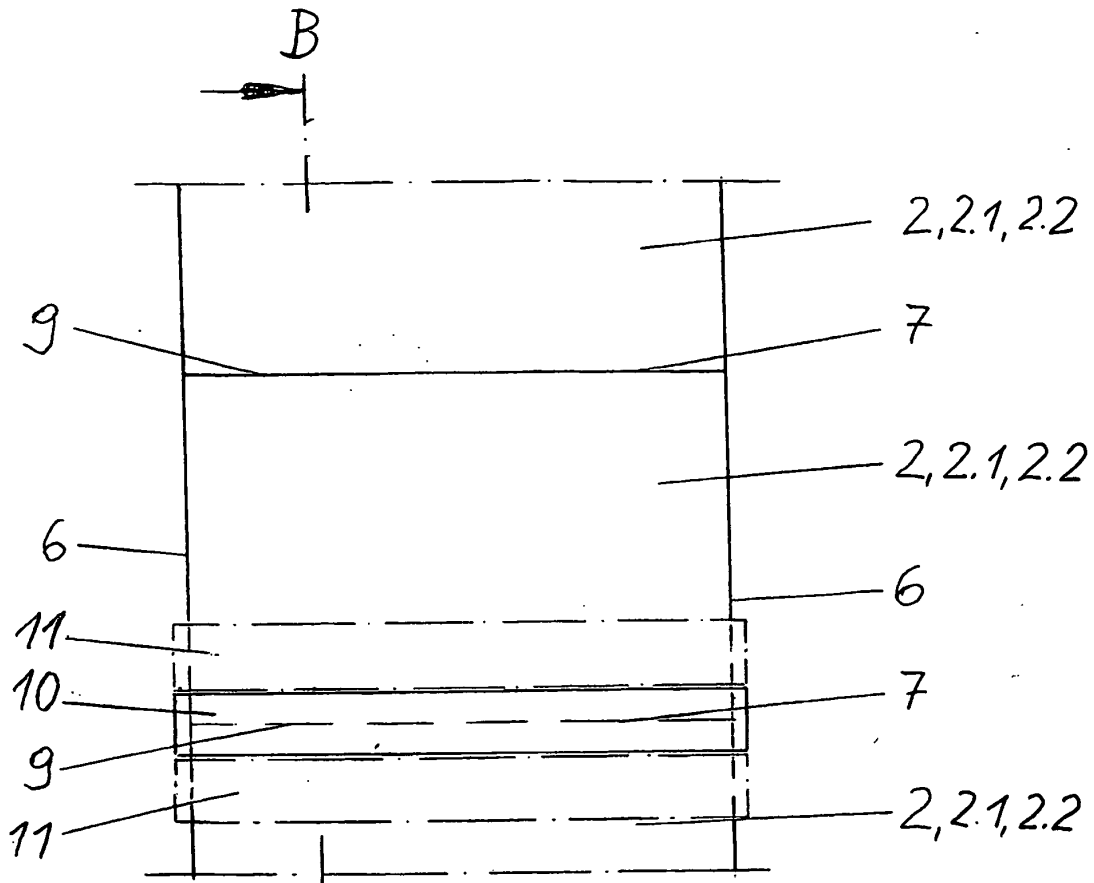


Fig. 10

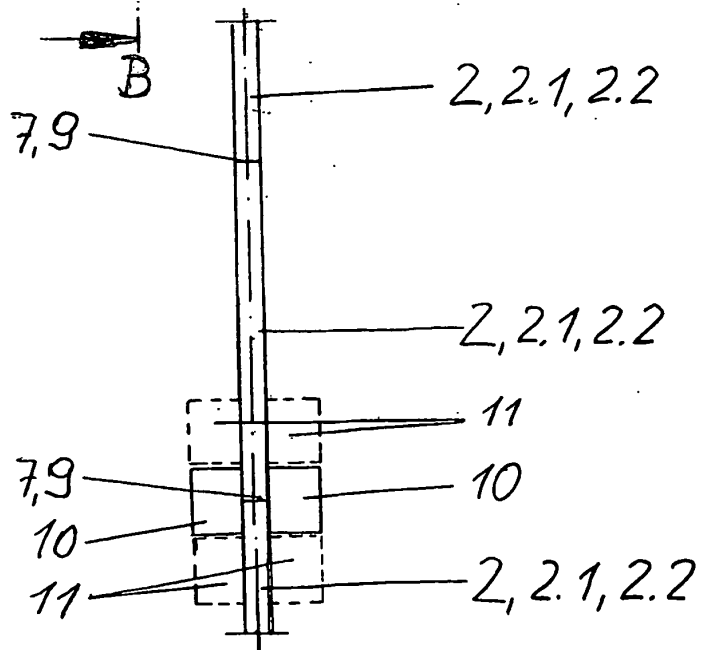
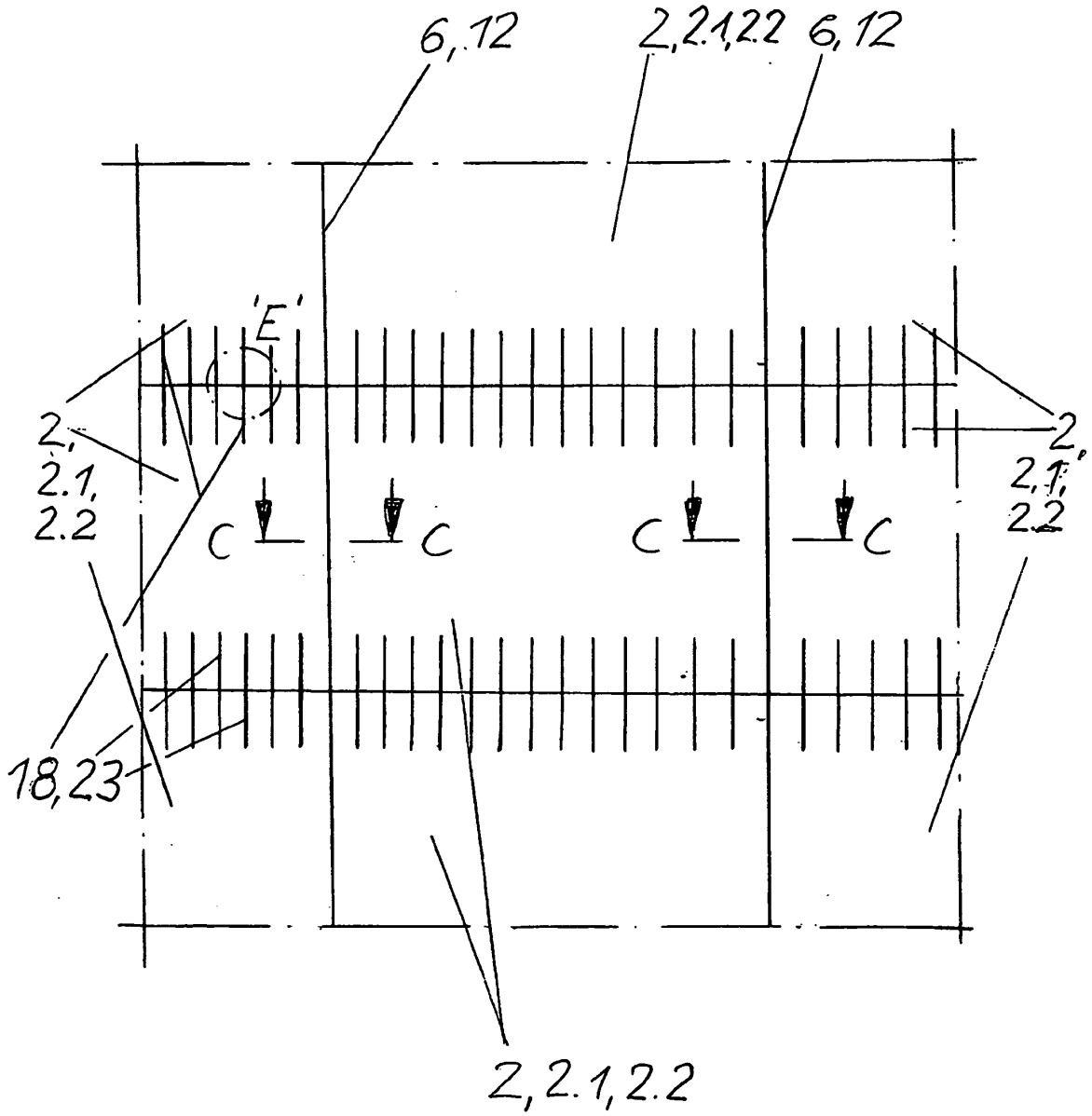


Fig. 11



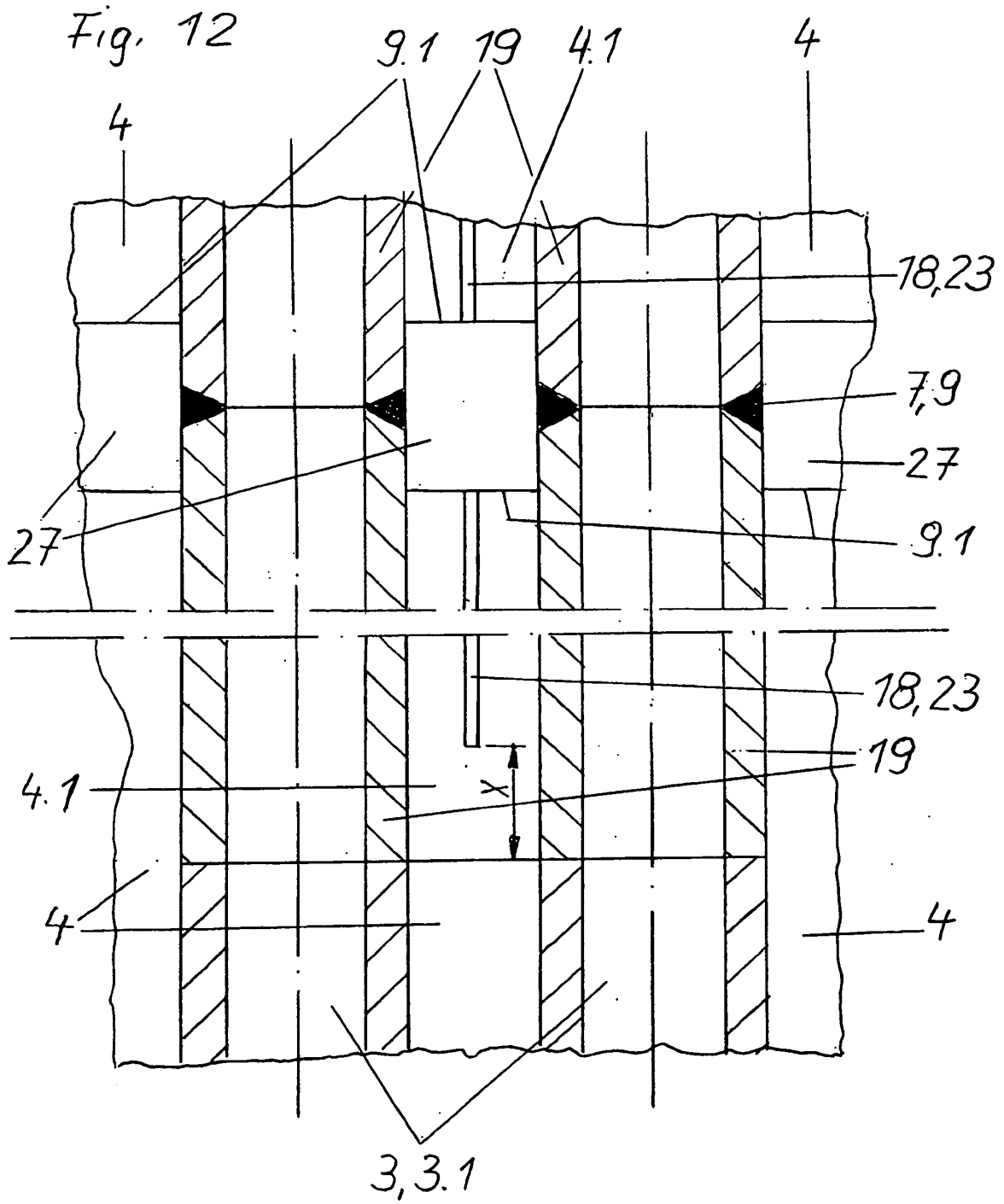


Fig. 13

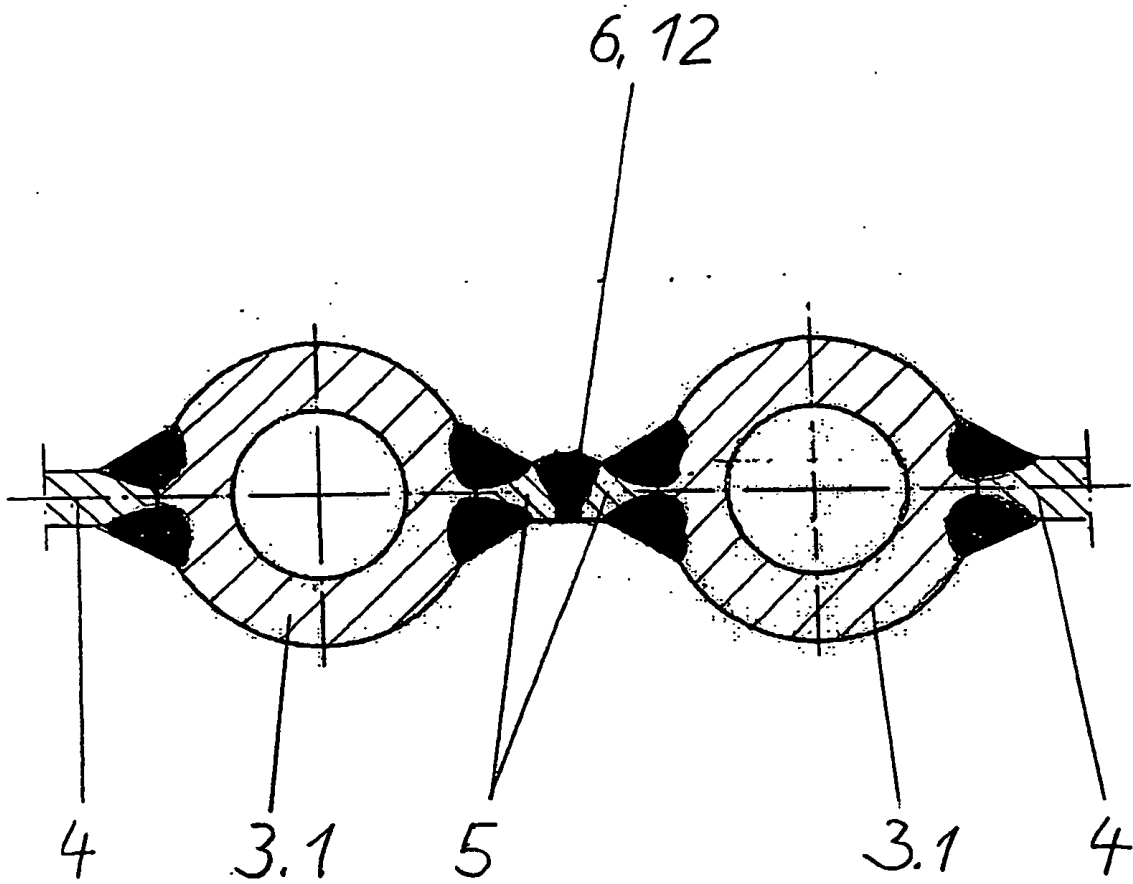


Fig. 14

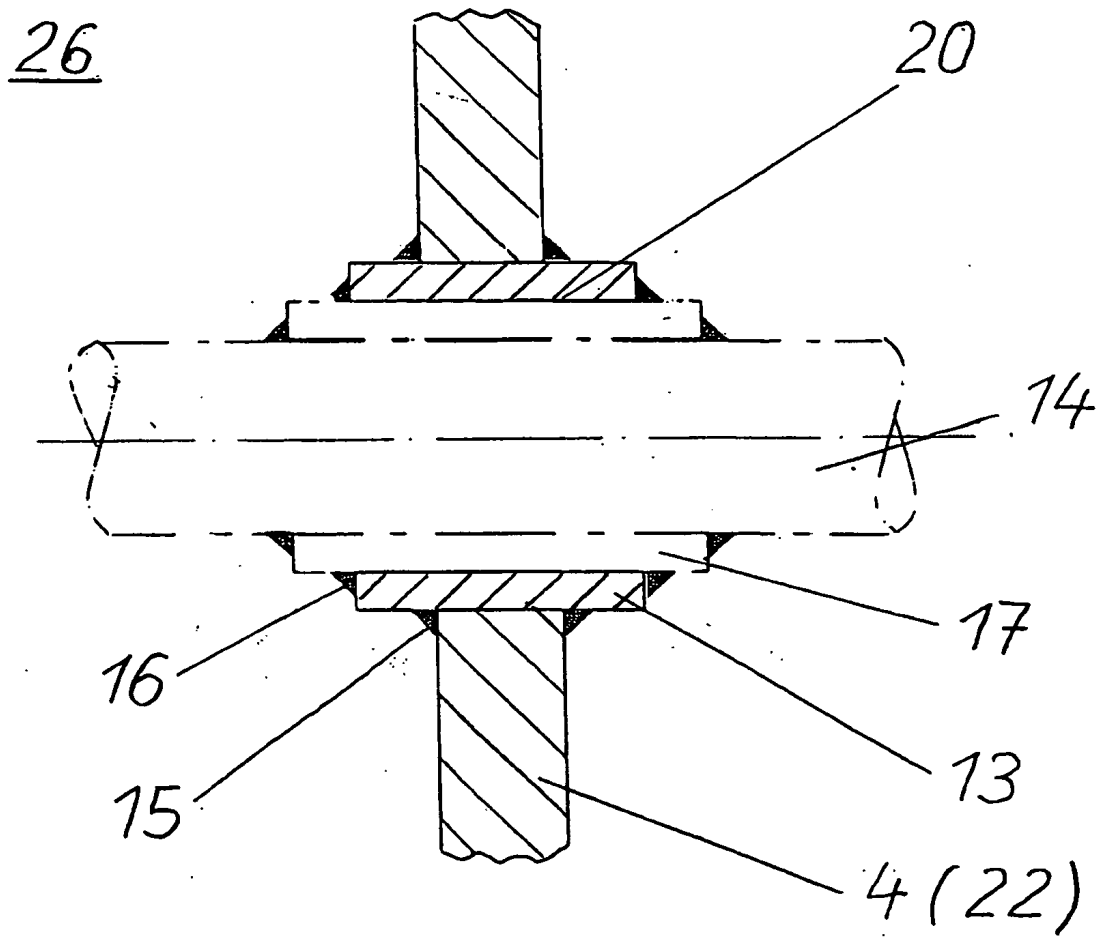


Fig. 15

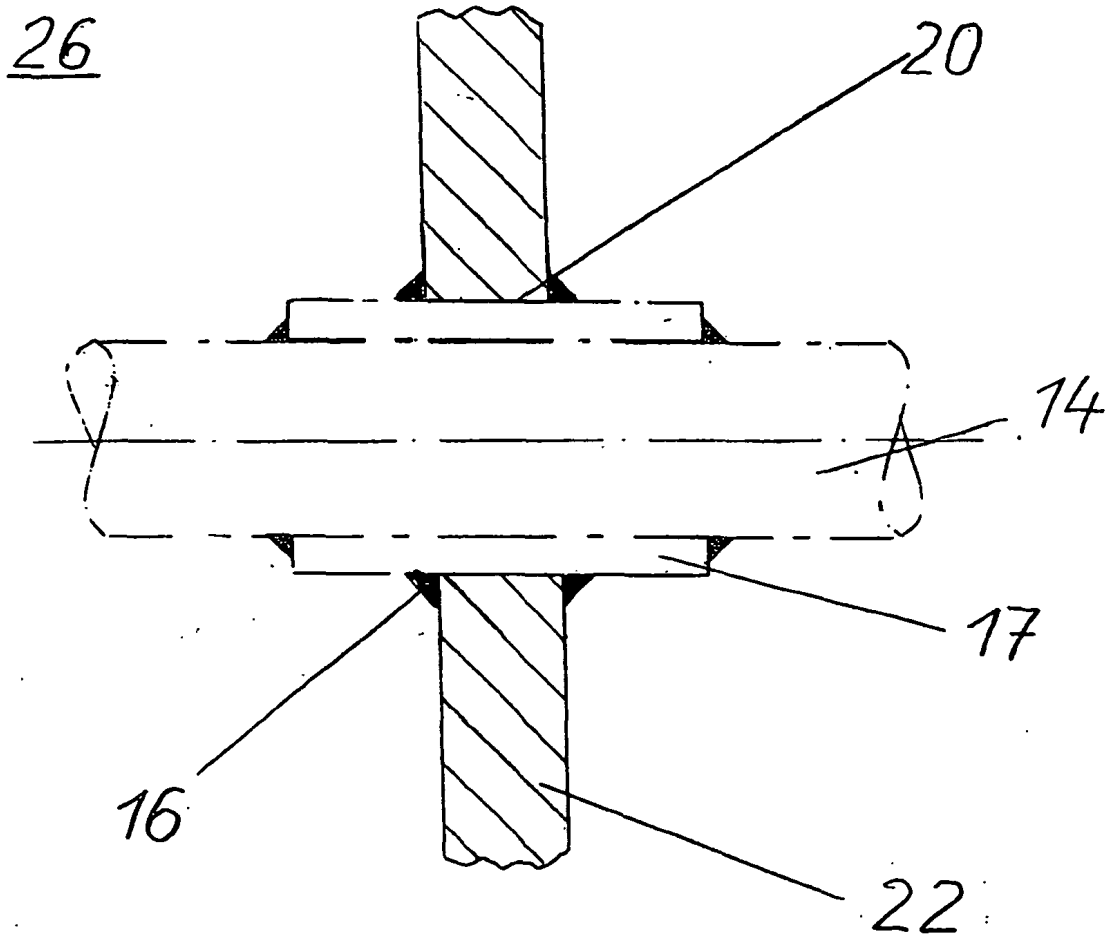


Fig. 16

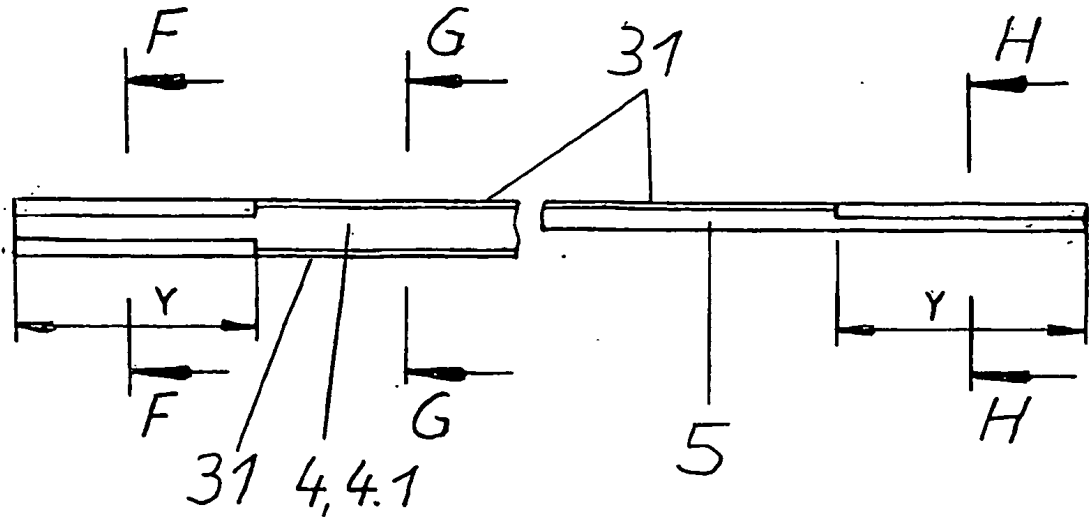


Fig. 17

Fig. 18

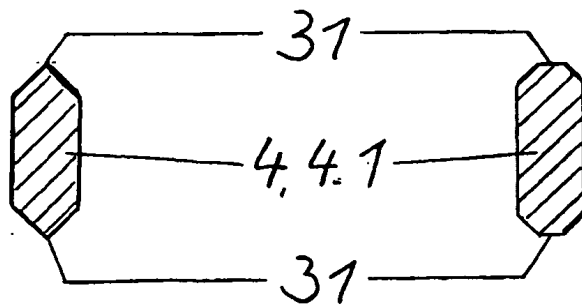


Fig. 19

