



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 567**

51 Int. Cl.:  
**B21D 53/08** (2006.01)  
**C21D 1/22** (2006.01)  
**C21D 6/02** (2006.01)  
**C22F 1/10** (2006.01)  
**B21D 53/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09011132 .9**  
96 Fecha de presentación : **31.08.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2163327**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.03.2010**

54 Título: **Procedimiento de fabricación y montaje de serpentines de recalentador de generadores de vapor.**

30 Prioridad: **16.09.2008 DE 10 2008 047 330**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**11.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**11.05.2011**

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

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

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

ES 2 358 567 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 de fabricación y montaje de serpentines de recalentador de generadores de vapor.

5 La invención se refiere a un procedimiento de fabricación y montaje de serpentines de recalentador de generadores de vapor.

10 Los serpentines de recalentador se utilizan predominantemente en generadores de vapor de centrales eléctricas que queman combustibles fósiles. Los serpentines del recalentador se disponen aquí como superficies de calentamiento en un tiro de gas rodeado por paredes de tubos que, visto en la dirección de flujo del gas de escape de combustión, se encuentra aguas abajo de la cámara de combustión formada con quemadores, estando configurada, en la mayoría de los casos, en forma rectangular la sección transversal del tiro de gas y de la cámara de combustión. Los tubos de los serpentines del recalentador, que están formados por tubos rectos y codos soldados y eventualmente otras piezas soldadas, llevan consigo un medio de trabajo calentado por la combustión del combustible fósil o recalentado en los serpentines del recalentador y lo transfieren a procesos adicionales. En los serpentines de recalentador soldados conocidos se utilizan usualmente aceros al cromo de un contenido de 9 a 12% de éste con tratamiento térmico subsiguiente y/o aceros austeníticos, así como aleaciones a base de níquel en estado recocido en solución que no se endurecen por precipitación y que en general no requieren ningún tratamiento térmico.

15 El documento EP0819775-A1 muestra un procedimiento para fabricar tubos de recalentador hechos de aleaciones a base de níquel, que se endurecen por precipitación, para generadores de vapor.

20 El deseo de generadores de vapor con mayores rendimientos y el desarrollo - resultante de ello respecto del medio de trabajo vapor - de la "central eléctrica de 700°C" para aumentar el rendimiento, los cuales, entre otras cosas, ayudan a reducir la expulsión de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera, conduce, entre otras cosas, a un incremento de los parámetros de vapor del generador de vapor. La consecución o materialización de mayores parámetros del vapor, es decir, mayores presiones y temperaturas del medio de trabajo vapor, impone altas exigencias a los materiales que se deben utilizar en el generador de vapor. Estas exigencias no pueden satisfacerse con los materiales actualmente utilizados. Por tanto, es indispensable un desarrollo adicional de los materiales y de su elaboración. Como materiales adecuados para materializar mayores parámetros de vapor en serpentines de recalentador se ofrecen las aleaciones a base de níquel que se endurecen por precipitación. Estos tipos de aleaciones requieren en cualquier caso un tratamiento térmico del tubo completo, tanto de las zonas de soldadura y de curvado como del tubo básico de los serpentines del recalentador.

25 La presente invención se ha planteado el problema de proponer un procedimiento de fabricación y montaje de serpentines de recalentador de generadores de vapor en el que su fabricación y montaje se desarrolle de una manera eficaz y practicable. En particular, el problema de la invención consiste en desarrollar un procedimiento para la secuencia de fabricación y montaje y especialmente para el tratamiento térmico de serpentines de recalentador y de sus tubos de unión, hechos de aleaciones a base de níquel que predominantemente se endurecen por precipitación, debiendo incluir también este procedimiento conceptos en los que se puede prescindir de un costoso tratamiento térmico o se puede limitar éste al menos a un mínimo.

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

45 En las reivindicaciones subordinadas pueden encontrarse ejecuciones ventajosas de la invención.

Gracias a la solución según la invención se crea un procedimiento de fabricación de serpentines de recalentador de generadores de vapor que presentan las ventajas siguientes:

- 50
- hechura eficiente y practicable de la fabricación de serpentines de recalentador de generadores de vapor,
  - aumento del rendimiento del generador de vapor por materialización de mayores parámetros del vapor,
  - reducción de la expulsión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por aumento del rendimiento del generador.

55 Una ejecución ventajosa de la invención prevé que los codos y los tubos de unión curvados, después de su fabricación y antes de la fabricación de los distintos serpentines, sean recocidos en solución en un tercer equipo de calentamiento. Se pueden eliminar así influencias sobre la estructura del material originadas por la deformación en frío.

60 En una ejecución ventajosa de la invención se procede adicionalmente, durante la fabricación de los distintos serpentines, a formar los tubos rectos más superior y más inferior de un serpentín con un blindaje. Gracias al blindaje se puede impedir una erosión en los tubos más superior y más inferior del serpentín, la cual podría presentarse en caso contrario debido, por ejemplo, a las burbujas de negro de humo de los serpentines.

65 Otra ejecución ventajosa de la invención prevé que el endurecimiento por precipitación se efectúe a una temperatura de 785 a 815°C y que en otra ejecución ventajosa de la invención el endurecimiento por precipitación se extienda a lo largo de un espacio de tiempo de aproximadamente 4 horas. Se garantiza así un endurecimiento impecable por

precipitación de los componentes que se deben tratar térmicamente.

Es ventajoso que el recocido en solución se realice a una temperatura de 1105 a 1135°C y que en otra ejecución ventajosa de la invención el recocido en solución se realice durante unos pocos minutos. Se garantiza así un recocido impecable en solución de los componentes que se deben tratar térmicamente.

A continuación, se explican con más detalle ejemplos de realización de la invención ayudándose de los dibujos y de la descripción.

Muestran:

La figura 1, un serpentín de recalentador (superficie de calentamiento) representado esquemáticamente en alzado dentro de la pared de tubos de un generador de vapor con tubos de unión con los distribuidores y colectores insinuados,

La figura 2, representado esquemáticamente en sección longitudinal, el detalle "A" de la figura 1,

La figura 3, representado esquemáticamente en sección longitudinal, el detalle "B" de la figura 1 y

La figura 4, representado esquemáticamente en sección longitudinal, el detalle "C" de la figura 1.

La figura 1 muestra a modo de ejemplo esquemáticamente representado un serpentín de recalentador o superficie de calentamiento de recalentador 1 terminado de fabricar y dispuesto y montado dentro de las paredes de tubos 6 de un generador de vapor no representado, incluyendo los tubos de unión 4 que atraviesan las paredes de tubos 6. Por razones de orden, se consigna que dentro de las paredes de tubos 6 está dispuesto un gran número de unidades del serpentín de recalentador 1 representado en la figura 1. El serpentín de recalentador 1 se ha preparado en fábrica a base de varios tubos rectos 2 y varios codos 3 y se suelda en la obra, es decir, en el lugar de montaje, con los tubos de unión 4 que atraviesan las paredes de tubos 6. Los propios tubos de unión 4 están unidos por fuera de las paredes de tubos 6 con equipos distribuidores y colectores no representados, con ayuda de los cuales el medio de trabajo que circula en el generador de vapor, en general agua o vapor o una mezcla de agua y vapor, puede ser alimentado a los serpentines de recalentador 1 o evacuado de estos. El procedimiento de fabricación de los serpentines de recalentador 1 presenta los pasos siguientes:

En primer lugar, se preparan los tubos rectos 2 y otros tubos rectos que, en un paso posterior del procedimiento, se transformen en codos 3 y tubos de unión 4. Para satisfacer las altas exigencias, establecidas por los parámetros de vapor incrementados, impuestas al material de los componentes antes citados 2, 3, 4, se proporcionan para los componentes 2, 3, 4 unas aleaciones a base de níquel que se endurecen por precipitación y que se encuentran en un estado recocido en solución. En general, los diámetros de los tubos y los espesores de las paredes de los tubos empleados para los codos 3 y los tubos de unión 4 corresponden al diámetro y al espesor de las paredes de los tubos rectos 2. Asimismo, se proporcionan unos casquillos 5 que consisten en un material que no tiene que ser tratado térmicamente. Los diámetros interiores de los casquillos 5 presentan aquí un valor ligeramente mayor que el del diámetro exterior del tubo de unión 4 para poder enchufar el casquillo 5 sobre el tubo de unión 4. La longitud del casquillo 5 es ventajosamente algo más grande que la del casquillo 7 (véase la figura 3, mitad superior de la sección longitudinal) dispuesto en la pared de tubos 6 y previsto como medio de alojamiento y para la unión del casquillo 5. Debido al decalaje en longitud de estos dos casquillos 5, 7 se puede aplicar en la soldadura posterior de los dos casquillos 5, 7 una costura de garganta fácil de producir. En lugar del casquillo 7 se puede utilizar también como medio de alojamiento del tubo de unión 4 y su casquillo 5 una chapa de relleno 15 inserta en la pared de tubos 6 para rellenar un codo de tubo (véase la figura 3, mitad inferior de la sección longitudinal). Tanto el casquillo 7 como la chapa de relleno 15 se fabrican de un material que no se debe tratar térmicamente.

Respecto del empleo o la utilización de materiales que no se deben tratar térmicamente, se contemplan o se quieren dar a entender materiales que, después de su soldadura con los componentes a unir, no tienen que someterse a un tratamiento térmico de revenido ni a un tratamiento térmico posterior.

En el siguiente paso del procedimiento los tubos rectos proporcionados para los codos 3 y los tubos de unión 4 son transformados con herramientas adecuadas para ello, por ejemplo prensas de curvado, en codos 3 y tubos de unión 4. En general, los codos 3 presentan un arco de 180° y los tubos de unión 4 presentan un arco de 90°. Para la soldadura posterior de los tubos rectos 2 con los codos 3 y con los tubos de unión 4 están previstos biseles de soldadura en los extremos respectivos de los mismos.

Después de la fabricación de los tubos rectos 2, los codos 3 y los tubos de unión 4 se procede, como paso siguiente del procedimiento, a endurecer estos componentes por precipitación en fábrica en un primer equipo de calentamiento no representado. Como primer equipo de calentamiento se utiliza en general un horno adaptado para ello sobre la base de las dimensiones de los tubos rectos 2, los codos 3 y los tubos de unión 4, en el cual los tubos rectos 2, los codos 3 y los tubos de unión 4 son tratados térmicamente de uno en uno o en grupos de varios de ellos. Por tanto, se cuida según la invención de que todos los tubos rectos 2, los codos 3 y los tubos de unión 4 se endurezcan ya

por precipitación en fábrica y ya no se requiere ningún gasto más a este respecto en el lugar de montaje en la obra. El endurecimiento por precipitación de los componentes antes citados dentro del primer equipo de calentamiento se realiza ventajosamente a una temperatura de 785° a 815°C y más ventajosamente durante un período de tiempo de aproximadamente 4 horas, pudiendo haber desviaciones de minutos en este tiempo.

En el siguiente paso del procedimiento se fabrican los serpentines de recalentador individuales 1, a cuyo fin, según la figura 2, se unen en fábrica los tubos rectos 2 con los codos 3 por medio de costuras de soldadura a tope 9. Asimismo, según la figura 3, se aplica por fuera a cada uno de los tubos de unión 4, en la zona del paso 8 de los respectivos tubos de unión 4 a través de la pared de tubos 6 del generador de vapor, un casquillo 5 consistente en un material que no se debe tratar térmicamente, y se une dicho casquillo en fábrica con el tubo de unión 4 por medio de una costura de soldadura 10. El sitio o la localización de la zona de paso 8 de los tubos de unión 4 a través de la pared de tubos 6 puede establecerse fácilmente de antemano, ya que las distancias entre centros de las paredes de tubos 6 y las dimensiones y la posición de los serpentines de recalentador 1, incluyendo los tubos de unión 4 fijados a estos, son exactamente conocidas. Por tanto, se puede predeterminedar exactamente la posición del casquillo 5 sobre el tubo de unión 4.

Después de la fabricación o terminación en fábrica de los serpentines 1 y de los tubos de unión 4 equipados con casquillos 5 se endurecen por precipitación también en fábrica, en el paso siguiente del procedimiento, las costuras de soldadura a tope 9 de los serpentines 1 y las costuras de garganta 10 entre los tubos de unión 4 y los casquillos 5 por medio de unos segundos equipos de calentamiento 14 dispuestos localmente en las costuras de soldadura 9, 10 (véanse las figuras 2 y 4). Los segundos equipos de calentamiento 14 pueden consistir en cartuchos de recocido por resistencia geoméricamente adaptados y localmente instalados que traten térmicamente o endurezcan por precipitación la zona de la costura de soldadura 9, 10. El tamaño de la zona de endurecimiento por precipitación y sus parámetros se fijan de antemano de acuerdo con los requisitos, es decir que el rango de aportación de calor, el gradiente de calentamiento y el gradiente de enfriamiento se definen exactamente de antemano. Al igual que en el endurecimiento por segregación en fábrica de los tubos rectos 2, los codos 3 y los tubos de unión 4 se realiza también aquí el endurecimiento por precipitación ventajosamente a una temperatura de 785° a 815°C y más ventajosamente durante un período de tiempo de aproximadamente 4 horas, pudiendo producirse desviaciones de minutos en este tiempo. Con el endurecimiento por precipitación de las costuras de soldadura 9, 10 realizado ahora en fábrica y con los tubos rectos 2, los codos 3 y los tubos de unión 4 ya endurecidos por precipitación en un paso anterior del procedimiento se cuida según la invención de que los serpentines 1 y sus costuras de soldadura a tope 9, así como los tubos de unión 4 equipados con casquillos 5 y sus costuras de soldadura 10 se endurezcan ya por precipitación en fábrica y, por tanto, no se requiera ya un gasto adicional a este respecto en el lugar de montaje en la obra.

Después de la terminación del paso antes citado del procedimiento, los serpentines 1 y los tubos de unión 4 equipados con casquillos 5 pueden ser llevados a la obra de construcción, en donde se incorporan en un generador de vapor no representado y se unen entonces los dos componentes uno con otro. A este fin, en el paso siguiente del procedimiento los tubos de unión 4 equipados con casquillos 5 son conducidos en la obra, es decir, en el lugar de montaje, a través de las paredes de tubos 6 de un generador de vapor, no representado, que mientras tanto han sido construidas y montadas. Según la figura 3, se han previsto para ello en las zonas de paso 8 de las paredes de tubos 6 unos casquillos 7 o unas chapas de relleno 15 para la recepción de los tubos de unión 4 o sus casquillos 5. Con miras a un montaje simplificado o a una unión simplificada de los tubos de unión 4 y sus casquillos 5 con la pared de tubos 6, los casquillos 7 o las chapas de relleno 15 unidos con la pared de tubos 6 están realizados en un material que no se debe tratar térmicamente. Después del paso de los tubos de unión 4 y sus casquillos 5 a través de la pared de tubos 6 o de sus casquillos 7 o chapas de relleno 15 se une en el lugar de montaje el tubo de unión 4 con el serpentín de recalentador 1 por medio de una costura de soldadura a tope 11 y a continuación se une el casquillo 5 del tubo de unión 4 con el casquillo 7 (mitad superior de la sección longitudinal de la figura 3) o con la chapa de relleno 15 (mitad inferior de la sección longitudinal de la figura 3) de la pared de tubos 6 por medio de una costura de soldadura 12.

Finalmente, se endurecen por precipitación las costuras de soldadura a tope 11 en el lugar de la obra, es decir, en el lado del montaje, por medio de unos segundos equipos de calentamiento 14 montados localmente en las costuras de soldadura 11 (véase el segundo equipo de calentamiento 14 representado con línea de trazos en la figura 3). El tamaño de la zona de endurecimiento por precipitación y sus parámetros se fijan de antemano de conformidad con los requisitos, es decir que se definen exactamente de antemano el rango de aportación de calor y los gradientes de calentamiento y enfriamiento. Al igual que en el endurecimiento por precipitación de las costuras de soldadura 9, 10 en fábrica, se realiza aquí también ventajosamente el endurecimiento por precipitación a una temperatura de 785° a 815°C y más ventajosamente durante un espacio de tiempo de aproximadamente 4 horas, pudiendo haber una desviación de minutos con respecto a este tiempo. El segundo equipo de calentamiento 14 puede consistir en cartuchos de recocido por resistencia geoméricamente adaptados y localmente insertos que tratan térmicamente o endurecen por precipitación la zona de la costura de soldadura 11.

Las costuras de soldadura 12 de la unión - realizada en el lugar de montaje - de los casquillos 5 (tubo de unión 4) con los casquillos 7 o las chapas de relleno 15 (pared de tubos 6) no necesitan ser tratadas térmicamente, ya que, según la invención, se han calado sobre los tubos de unión 4 unos casquillos 5 que consisten en un material que no tiene que ser tratado térmicamente después de la soldadura. Lo mismo que se ha dicho con respecto al material se

aplica también a los casquillos 7 o las chapas de relleno 15 insertos ya en la pared de tubos 6 durante la fabricación de dicha pared de tubos 6.

5 Para que, al soldar los tubos de una aleación a base de níquel que se endurece por precipitación, es decir, los tubos rectos 2 con los codos 3 (costuras de soldadura 9) o los serpentines de recalentador 1 y, por tanto, los tubos rectos 2 con los tubos de unión 4 (costuras de soldadura 11), se evacue mejor y más rápidamente el calor producido durante la soldadura, se pueden instalar en la zona próxima o en las periferias de las costuras de soldadura citadas 9 y 11 unos elementos de refrigeración no representados. Estos pueden ser, por ejemplo, tubos que estén arrollados alrededor de los tubos rectos 2, los codos 3 o los tubos de unión 4 y conduzcan un medio refrigerante. Debido a la mejor y más rápida evacuación del calor producido durante la soldadura se impide una acumulación de calor en los tubos de la aleación a base de níquel que se endurece por precipitación y se evitan así fisuras producidas en caliente.

15 Para los tubos rectos 2, los codos 3 y los tubos de unión 4 de material que se endurece por precipitación se utiliza preferiblemente la Aleación 740 de Special Metals o la Aleación 263 (material No. 2.4650). El material Aleación 740 no posee actualmente una homologación de material europea ni una homologación de las autoridades supervisoras alemanas y se cualifica por medio de dictámenes individuales para su utilización en centrales eléctricas de vapor o en generadores de vapor.

20 Para los componentes consistentes en un material que no se debe tratar térmicamente (casquillos 5, casquillos 7, chapas de relleno 15) se utiliza preferiblemente la Aleación 617mod (NiCr23Co12Mo mod.) o la Aleación 617 (NiCr23Co12Mo).

25 Para la soldadura mutua de los tubos rectos 2, los codos 3 y los tubos de unión 4 que consisten en material que se endurece por precipitación se emplea preferiblemente un material aditivo de soldadura de la misma clase.

Para la soldadura mutua de los casquillos 5 y los casquillos 7 o las chapas de relleno 15 que consisten en un material que no se debe tratar térmicamente se emplea preferiblemente un material aditivo de soldadura de la misma clase.

30 Para la soldadura de los tubos de unión 4, consistentes en material que se endurece por precipitación, con los casquillos 5, consistentes en material que no se debe tratar térmicamente, se emplea preferiblemente un material aditivo de soldadura que no se debe tratar térmicamente.

35 Para el caso de que los tubos rectos más superior y más inferior 2 de los serpentines 1 deban ser protegidos contra erosión, se pueden aplicar ventajosamente blindajes 13 sobre los tubos correspondientes de los serpentines 1. La aplicación de este blindaje 13 se realiza ventajosamente junto con la fabricación de los serpentines individuales 1 (paso c) del procedimiento), contrayéndose como blindaje 13 unos casquillos sobre el tubo recto 2 o experimentando el tubo recto 2 una soldadura de recargue de varios milímetros de espesor. Como material para el blindaje 13 pueden emplearse una aleación a base de níquel o bien aceros al cromo-níquel resistentes al calor.

40 Como alternativa o adicionalmente, los codos 3 y los tubos de unión curvados 4, después de su fabricación y antes de la fabricación de los serpentines individuales 1, pueden ser recocidos en solución preferiblemente en un tercer equipo de calentamiento, no representado, a una temperatura de 1105 a 1135°C y durante un tiempo de unos pocos minutos. Se puede utilizar para ello un horno adaptado a este fin y no representado. Se pueden eliminar así influencias sobre la estructura del material derivadas de la deformación en frío.

#### Referencias citadas en la descripción

50 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.

#### Documentos de patente citados en la descripción

55 X EP 0819775 A1 [0003]

#### Lista de símbolos de referencia

60 1 Serpentin de recalentador  
2 Tubo recto  
3 Codo  
4 Tubo de unión  
5 Casquillo  
6 Pared de tubos  
65 7 Casquillo en la pared de tubos  
8 Zona de paso a través de la pared de tubos

- 9 Costura de soldadura a tope realizada en fábrica
- 10 Costura de soldadura realizada en fábrica
- 11 Costura de soldadura a tope realizada en el lugar de montaje
- 12 Costura de soldadura realizada en el lugar de montaje
- 5 13 Blindaje
- 14 Segundo equipo de calentamiento
- 15 Chapa de relleno en el paso de tubos

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de fabricación de serpentines de recalentador y sus tubos de unión, así como de montaje de los mismos dentro de las paredes de tubos (6) de un generador de vapor, en donde los serpentines (1) están formados al menos por respectivos tubos rectos (2) y codos (3) y los tubos de unión (4) están formados al menos con un respectivo casquillo (5) montado sobre el lado exterior del tubo de unión (4), y en donde el procedimiento comprende los pasos siguientes:
- 10 a) preparación en fábrica de los tubos rectos (2), los tubos para los codos (3) y los tubos para los tubos de unión (4), hechos de aleaciones a base de níquel que se endurecen por precipitación y en estado recocido en solución, así como de los casquillos (5) consistentes en un material que no se debe tratar térmicamente,
- 15 b) confección en fábrica de los codos (3) y de los tubos de unión (4) por medio de herramientas de curvado,
- 15 c) endurecimiento por precipitación en fábrica de los tubos rectos (2), los codos (3) y los tubos de unión (4) en un primer equipo de calentamiento,
- 20 d) confección en fábrica de los distintos serpentines (1) por unión de los tubos rectos (2) y los codos (3) por medio de costuras de soldadura (9) y por unión de los casquillos (5) con los tubos de unión (4) por medio de costuras de soldadura (10) en la zona del paso (8) del tubo de unión (4) a través de la pared de tubos (6) del generador de vapor,
- 25 e) endurecimiento por precipitación en fábrica de las costuras de soldadura (9, 10) entre los tubos rectos (2) y los codos (3), así como entre los casquillos (5) y los tubos de unión (4) por medio de unos segundos equipos de calentamiento (14) dispuestos localmente en las costuras de soldadura (9, 10),
- 25 f) unión en el lugar de montaje de los serpentines (1) con los tubos de unión (4) por medio de una costura de soldadura (11) dentro de las paredes de tubos (6) del generador de vapor y de los casquillos (5), por medio de una costura de soldadura (12), con los medios de alojamiento (7, 15) preparados en las paredes de tubos (6) del generador de vapor y consistentes en un material que no se debe tratar térmicamente, y
- 30 g) endurecimiento en el lugar de montaje por precipitación de las costuras de soldadura (11) por medio de unos segundos equipos de calentamiento (14) dispuestos localmente en las costuras de soldadura (11)
- 35 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los codos (3) y los tubos de unión curvados (4), después de su fabricación y antes de la fabricación de los serpentines individuales (1), se recuecen en solución en fábrica dentro de un tercer equipo de calentamiento.
- 40 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque, además de la fabricación de los serpentines individuales (1) según el paso c) del procedimiento, se forman los tubos rectos más superior y más inferior (2) de un serpentin (1) con un blindaje (13).
- 45 4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el endurecimiento por precipitación se realiza a una temperatura de 785 a 815°C y se extiende durante un período de tiempo de aproximadamente 4 horas.
- 50 5. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el recocido en solución se realiza a una temperatura de 1105 a 1135°C y se extiende durante un período de tiempo de unos pocos minutos.
- 55 6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque como medio de alojamiento se proporciona un casquillo (7) o una chapa de relleno (15).
- 60 7. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, para la soldadura mutua de los tubos rectos (2), los codos (3) y los tubos de unión (4), consistentes en aleaciones a base de níquel que se endurecen por precipitación, se emplea un material aditivo de soldadura de la misma clase.
- 65 8. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, para la soldadura de los casquillos (5) y los medios de alojamiento (7, 15) consistentes en un material que no debe tratarse térmicamente, se emplea un material aditivo de soldadura de la misma clase.
9. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, para la soldadura de los tubos de unión (4), consistentes en aleaciones a base de níquel que se endurecen por precipitación, con los casquillos (5), consistentes en un material que no debe tratarse térmicamente, se emplea un material aditivo de soldadura que no debe tratarse térmicamente.
10. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los tubos rectos (2), los codos (3) y los tubos de unión (4) que se deben unir por medio de costuras de soldadura a tope (9, 11) se refrigeran por medio de elementos de refrigeración en las periferias de las costuras de soldadura a tope (9, 11) y durante la soldadura.

Fig. 1

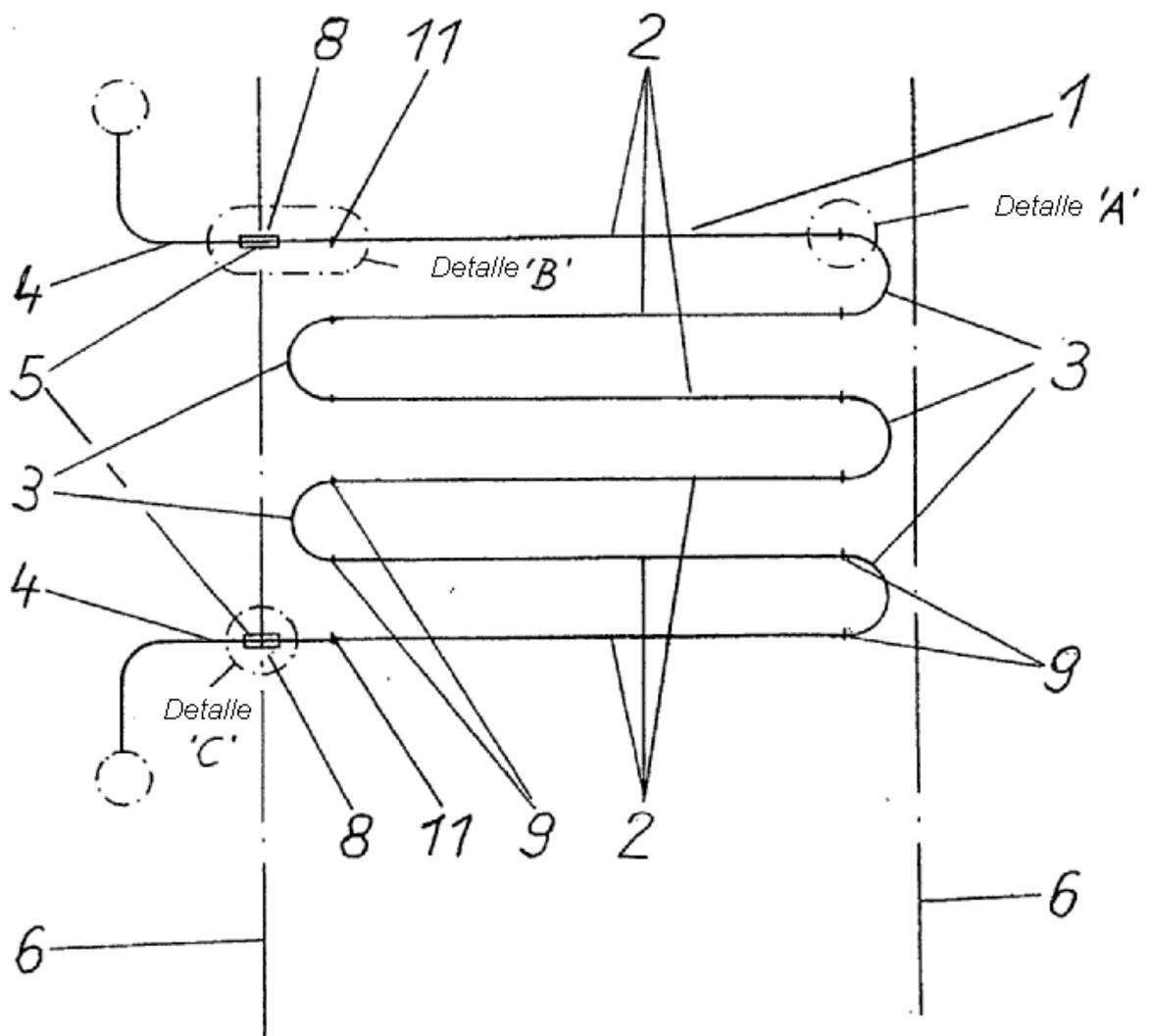


Fig. 2

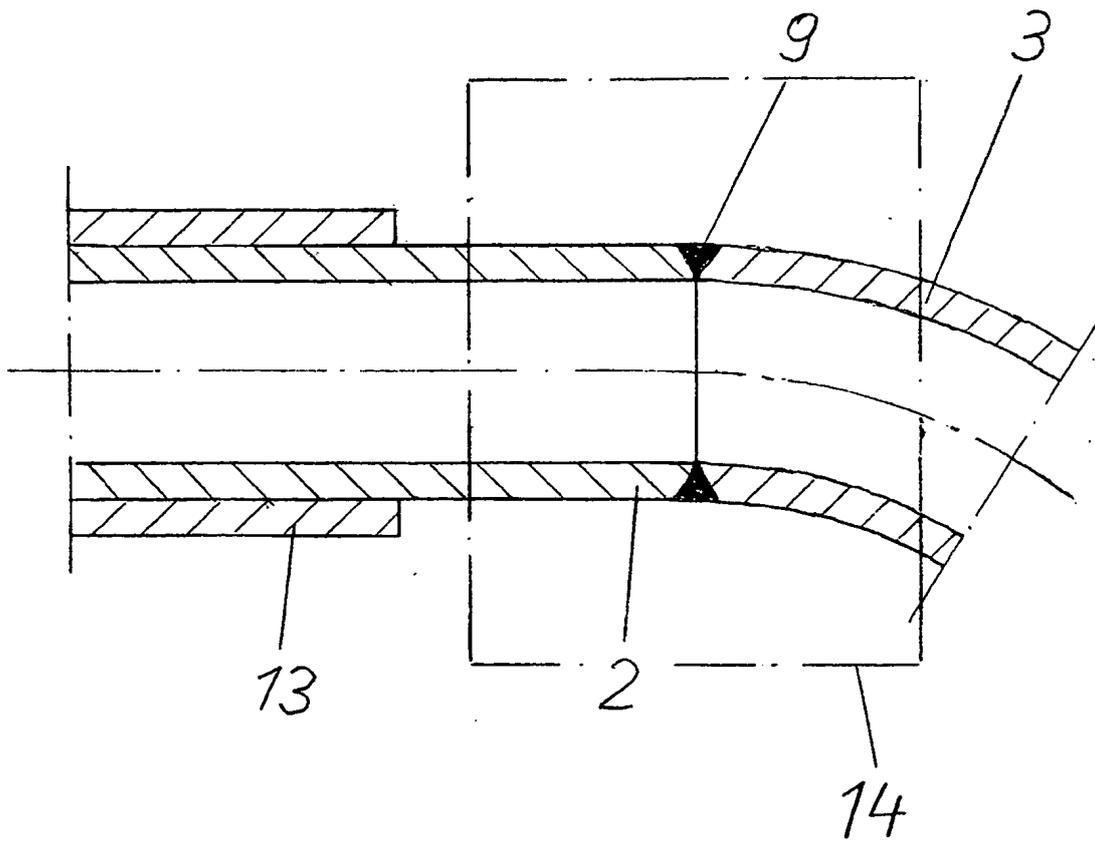


Fig. 3

