

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 610**

51 Int. Cl.:

B21D 7/025 (2006.01)

B21D 7/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.04.2016 PCT/DE2016/100189**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.11.2016 WO16173584**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2016 E 16731774 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019 EP 3288694**

54 Título: **Procedimiento para la conformación por curvado por inducción de un tubo resistente a la presión con gran espesor de pared y gran diámetro y dispositivo curvador de tubos por inducción**

30 Prioridad:

28.04.2015 DE 102015106571

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

25.02.2020

73 Titular/es:

**AWS SCHÄFER TECHNOLOGIE GMBH (100.0%)
Oberhausener Strasse 8
57234 Wilnsdorf , DE**

72 Inventor/es:

SCHÄFER, AUGUST WILHELM

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 744 610 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 la conformación por curvado por inducción de un tubo resistente a la presión con gran espesor de pared y gran diámetro y dispositivo curvador de tubos por inducción

5 La invención se refiere a un procedimiento para la conformación por curvado por inducción de un tubo redondo resistente a la presión con gran espesor de pared y gran diámetro, en particular de un tubo de central eléctrica y de oleoducto, con las características del preámbulo de la reivindicación 1, así como un dispositivo de curvado de tubos por inducción apropiado para la realización con las características del preámbulo de la reivindicación 8.

10 Para la conducción de medios líquidos y gaseosos bajo presión se necesitan tubos de acero que poseen un gran espesor para resistir las sollicitaciones. Tales requerimientos son válidos, por ejemplo, para el transporte de vapor caliente en centrales eléctricas donde se requieren curvaturas del tubo, a fin de adaptar las tuberías a las condiciones constructivas, o para el transporte de petróleo o gas natural en oleoductos/gaseoductos sobre largos recorridos, donde a intervalos regulares están insertados arcos dobles para compensar los cambios de longitud condicionados térmicamente. Para posibilitar un gran caudal, se requiere una gran sección transversal de abertura y correspondientemente un gran diámetro exterior de tubo. Los tubos, a los que se refiere el presente procedimiento, 15 poseen habitualmente diámetros nominales de más de 300 mm y una relación de diámetro respecto a espesor de pared de 10:1 a 100:1, típicamente de 20:1 a 70:1.

20 Un procedimiento semejante para la conformación por curvado por inducción se conoce desde hace mucho tiempo, por ejemplo, por el documento DE251356 A1, y se ha mejorado continuamente, a fin de poder fabricar arcos de tubos muy exactos dimensionalmente pese a las enormes dimensiones y espesores de pared de los tubos. Mientras que se controla la observación precisa del ángulo de arco predeterminado durante la curvatura del tubo, quedan dos desviaciones de forma desventajosas en la zona de la curvatura del tubo. A este respecto se trata, por un lado, de la ovalidad, es decir, una desviación de la sección transversal del tubo de la forma ideal redonda deseada y, por otro lado, de un debilitamiento del espesor de pared en el arco exterior.

25 Los tubos redondos con las relaciones de tamaño mencionadas arriba se fabrican y entregan con ovalidades de aproximadamente el 1%. Una falta de redondez permitida en el arco de tubo después de la realización del proceso de curvado por inducción se sitúa en el 4% según las normas europeas y norteamericanas. Desviaciones mayores son problemática por ello, ya que debido a la presión interior de los medios conducidos a través de los arcos de tubo aparecen tensiones por tracción diferentes localmente en la pared del tubo. En el caso de aplicación a alta presión, para las que están determinados en particular estos tubos de pared gruesa, son relevantes tales sollicitaciones 30 adicionales que aparecen debido a la falta de redondez. El espesor de pared se debe seleccionar así con frecuencia mayor debido a la desviación geométrica que el que sería requerido por cálculo solo debido a la presión del fluido. La otra influencia negativa en el tubo durante la conformación por curvado por inducción consiste en la distribución de espesor de pared diferente en el arco exterior e interior. Durante el curvado alrededor de la zona neutra, que se sitúa en el eje longitudinal del tubo, se solicita a tracción la pared del tubo en la zona del arco exterior a formar. Dado 35 que el arco exterior es más largo que el tramo de tubo no deformado, se produce forzosamente una reducción del espesor de pared. En el arco interior, por el contrario, durante el curvado existen tensiones de compresión y debido al acortamiento necesario de la longitud del arco se produce un aumento del espesor de pared. No obstante, estos efectos inevitables conducen igualmente a que el cálculo de resistencia para la aplicación a alta presión siempre se debe aplicar en la pared debilitada más intensamente, que es la pared en el arco exterior. Por este motivo el espesor 40 de pared de todo el tubo también se debe seleccionar esencialmente mayor que en las secciones rectas para que se obtengan resistencias suficientes en el arco de tubo.

45 El documento DE3150381 A1 revela un procedimiento en el que se deforma un tubo con medios mecánicos. En este procedimiento, esta deformación puede llevarse a cabo arbitrariamente delante o detrás de la zona de calentamiento, o incluso simultáneamente, para deformar plásticamente el tubo. Además, en este procedimiento se ejerce sobre el tubo una presión en al menos dos planos que están perpendiculares entre sí.

El documento EP 2 471 609 A1 indica un procedimiento para conformar tubos con sección transversal rectangular, pero en el que existen otros planteamientos del objetivo, porque de todos modos no se ajustan secciones transversales ovaladas.

50 El objetivo de la invención consiste en reducir las modificaciones geométricas que debilitan la resistencia del arco de tubo durante la conformación, como ovalidad y reducción del espesor de pared.

La solución según la invención se proporciona mediante un procedimiento para la conformación por curvado por inducción con las características de la reivindicación 1 y un dispositivo curvador por inducción para la realización del procedimiento con las características de la reivindicación 8.

55 El procedimiento según la invención aplica en primer lugar a que al tubo se le impone una ovalidad artificial antes del comienzo de la conformación, y a saber en forma de un así denominado óvalo yacente. Yacente significa que el eje del diámetro más largo de la elipse, que se corresponde a la forma de la sección transversal de tubo, se sitúa en el plano de curvado. Dado que la conformación por curvado por inducción solo se puede realizar en la práctica en un plano horizontal debido a la gran masa del tubo y de la disposición fija requerida del brazo de curvado, el eje del

diámetro largo está orientado al mismo tiempo horizontalmente.

Para conseguir la ovalidad yacente, según la invención el tubo se recalca verticalmente, antes del calentamiento y por consiguiente antes de la entrada en la zona de conformación, en una unidad de prensa mediante un punzón de prensado y contraapoyo o mediante dos punzones que trabajan uno contra otro y se guía lateralmente en dirección horizontal.

A este respecto, el recalco se realiza preferentemente en el mismo grado que la falta de redondez, que se produciría durante el procedimiento de conformación por curvado por inducción para un arco de tubo con un ángulo de arco determinado en el mismo tipo de tipo. De forma especialmente preferible se realiza una adaptación continua del grado de ovalidad durante la realización del procedimiento de curvado de tubos, de modo que en primer lugar se trabaja con menores ovalidades previas, que se aumentan hacia el medio de la curvatura de tubos, ya que sin el procedimiento de pretratamiento según la invención allí se ajustaría la mayor ovalidad.

Gracias a la forma en sección transversal impuesta del tubo como óvalo yacente antes de la entrada en el inductor se neutralizan todas las ovalidades al inicio de la curvatura de tubos, en el medio y también al final, estando definido el inicio como al extremo delantero visto en la dirección de avance. De este modo se obtiene durante la curvatura un tubo redondo en la sección transversal – con tolerancias muy bajas en comparación a la conformación convencional. La paradoja aparente de que según la invención a pesar de una ovalidad generada artificialmente anteriormente antes del comienzo de la curvatura de tubos se obtiene igualmente una sección transversal redonda al inicio de la curvatura de tubos, se encuentra en la distribución interna de las tensiones de compresión y tracción en el arco de tubo. Mientras que estas tensiones sin la medida según la invención constituyen la causa de las ovalidades, bajo el efecto del pretratamiento según la invención conducen a que compensan mutuamente todos los efectos.

La segunda medida prevista según la invención para la optimización de la geometría del tubo durante la conformación por curvado por inducción se basa en el planteamiento de trasladar la distribución de espesores de pared diferente e inevitable al menos en el arco interior y exterior del tubo. En tanto que la zona neutra se desplaza hacia fuera, aumenta el espesor de pared en el arco interior todavía más intensamente debido a la constancia volumétrica por las leyes naturales. No obstante, esto no tiene influencias negativas en la resistencia y la procesabilidad posterior del arco de tubo. Es esencial que con esta medida se pueda reducir la reducción del espesor de pared en el lado exterior, dado que así según la invención se obtiene un espesor de pared mayor que lo que era posible hasta ahora en la aplicación de un tubo similar.

La reducción del espesor de pared es de hasta el 25% en un arco de tubo de 90° fabricado según el procedimiento de curvado por inducción convencional, y a saber en el caso de una relación habitual del radio de curvatura respecto al diámetro del tubo de por ejemplo 1,5:1. La reducción del espesor de pared se puede aminorar esencialmente según la invención, en particular hacerse la mitad. Esto significa que el espesor de pared en el arco exterior en el procedimiento según la invención es mayor en el 12,5% que en el estado de la técnica. Además, esto significa que es posible una carga de funcionamiento más elevada con mismo espesor de pared del tubo usado, o que incluso se puede seleccionar un espesor de pared inicial menor con mismas condiciones de funcionamiento. Esto produce de nuevo un ahorro de peso y costes.

El desplazamiento de la zona neutra en el caso de conformación por curvado por inducción del tubo se consigue según la invención porque se calienta diferentemente la sección transversal del tubo entre el lado exterior de arco y el lado interior del arco. A este respecto, el lado exterior del arco se calienta menos intensamente que el lado interior del arco. Debido a la temperatura más elevada, la resistencia frente a la deformación en el arco interior es menor que en el arco exterior, por lo que se produce el traslado pretendido de la zona neutra durante la curvatura hacia el arco exterior. La invención usa entonces de forma dirigida el intervalo de temperatura de conformación a disposición para el material.

La conformación con perfiles de temperatura modificados se realiza según la invención en una zona parcial del ángulo del arco. Desde la tangente inicial en esta zona parcial tiene lugar un programa de transición, en el que el desplazamiento desde una posición de partida, que es simétrica respecto al centro del tubo, se traslada paulatinamente hacia fuera. Desde la zona parcial en la tangente final se aplica igualmente un programa de transición, en el que el perfil de temperatura está orientado de nuevo crecientemente de forma simétrica.

La zona parcial mencionada se extiende sobre aproximadamente el 80%-90% del ángulo de arco previsto. A este respecto, la zona parcial comienza desde la tangente inicial en aproximadamente 1°- 2° del ángulo y termina aproximadamente 1°-2° antes la transición hacia la tangente final.

El desplazamiento previsto según la invención del perfil de temperatura se basa preferiblemente en un reglaje del inductor anular en el plano de curvado, en particular hacia fuera, preferentemente acoplado con una adaptación de la potencia eléctrica en el dispositivo de inducción, es decir una modificación de la potencia calefactora. Mediante el reglaje del inductor hacia fuera, el inductor en el arco interior del tubo se encuentra más cerca de la pared del tubo de fuera, de modo que aquí se produce el calentamiento más intenso. El rango de reglaje es muy pequeño con aproximadamente 5 – 50 mm en relación a los diámetros de tubo usados de más de 600 mm. Para provocar un calentamiento de los grandes espesores de pared mediante inducción, no debe ser demasiado grande la hendidura

de aire, es decir, la distancia entre el inductor anular como conductor atravesado con corriente y la envolvente del tubo. Por otro lado, en cualquier caso, se debe evitar un contacto metálico con el lado exterior del tubo. El diámetro del inductor se fija preferentemente con $1,05 D_{\text{tubo}}$ más 25 mm. En un tubo con $D_{\text{tubo}} = 1000\text{mm}$ se produce por consiguiente un recorrido de ajuste teórico de 75 mm, del que sin embargo prácticamente solo son utilizables aproximadamente 50 mm para la consecución de un perfil de temperatura desplazado lateralmente.

Alternativamente o adicionalmente al calentamiento diferente localmente también se puede realizar una liberación de energía dirigida mediante refrigeración local.

La temperatura se mide sin contacto como temperatura superficial en el arco interior y exterior y estos valores se le suministran a un dispositivo de regulación. A través del dispositivo de regulación se puede seguir la distribución de temperatura, en tanto que en el arco exterior se aumenta la potencia de refrigeración y/o se aumenta la potencia calefactora en el arco interior y/o se modifica la posición del inductor en la dirección transversal.

En una variante preferida del procedimiento según la invención está previsto un procedimiento regulado en distancia y simultáneamente regulado en potencia. De este modo se puede influir de forma dirigida tanto en el lado interior del arco como también en el lado exterior del arco. El operario puede preseleccionar en este caso que lado del arco se debe regular en distancia primeramente y cual, de forma controlada en potencia, y predetermina las temperaturas superficiales deseadas inclusive los márgenes de tolerancia permitidos. El dispositivo de regulación modifica entonces automáticamente la posición del inductor, de modo que se consigue la distribución relativa deseada entre el lado interior y exterior en el arco de tubo y además adapta la potencia eléctrica, de modo que se consiguen las temperaturas de conformación absolutas.

Las particularidades de la invención se explican más en detalle a continuación mediante los dibujos. Las figuras muestran en detalle:

Fig. 1 un dispositivo curvador de tubos por inducción en vista esquemática;

Fig. 2 un arco de tubo en vista en planta desde arriba;

Fig. 3 cortes transversales según el estado de la técnica en los planos de cortes transversales marcados en la fig. 2;

Fig. 4 cortes transversales según la invención en los planos de cortes transversales marcados en la fig. 2;

Fig. 5 la distribución del espesor de pared diferente en el medio del arco de tubo en el corte transversal;

Fig. 6 la distribución del espesor de pared diferente en el medio del arco de tubo en el corte longitudinal y

Fig. 7 un dispositivo de prensa para la preovalización.

La figura 1 muestra un dispositivo curvador de tubos por inducción 100, que comprende una bancada de máquina fija 10, sobre la que está dispuesto un dispositivo de sujeción 11 para un tubo 1. El dispositivo de sujeción 11 ase el tubo 1 en su extremo trasero y lo sujeta de forma fija. Además, el dispositivo de sujeción 11 se puede desplazar en la dirección de un eje central del tubo 2, que indica simultáneamente la dirección de avance, respecto a la bancada de máquina 10. El avance se realiza a través de una unidad hidráulica 12.

Un brazo de curvado 30 está montado de forma pivotable en un eje de curvado vertical 32, pudiéndose ajustar la distancia del eje de curvado 32 perpendicularmente al eje central del tubo 2, a fin de predeterminar el radio de curvatura deseado. Sobre el brazo de curvado 30 está dispuesto un cierre de curvado 31 con el que se puede asir y retener el tubo 1.

Relativamente cerca del inductor 20 y de la zona de influencia térmica está dispuesto un dispositivo de refrigeración aquí no representado, con el que se provoca p. ej. a través de agua un enfriamiento de la temperatura superficial, en cuanto el tramo de longitud correspondiente ha salido de la zona de conformación.

Un dispositivo de inducción comprende un inductor anular 20 que está posicionado con su centro en la zona del eje central del tubo 2.

Mientras que las características mencionadas anteriormente también son parte de los dispositivos curvadores de tubos por inducción, está previsto según la invención, por un lado, un dispositivo de ajuste transversal 21 para poder desplazar el inductor transversalmente al eje longitudinal 2 del tubo usado 1.

Por otro lado, está prevista una unidad de prensa 50, de la que está representada una forma de realización preferida en la figura 7 en la vista desde delante, visto desde la bancada de máquina 10 en la dirección de avance. En un armazón de marco 51 está dispuesto arriba y abajo respectivamente al menos un punzón hidráulico 52, 53, que está provisto respectivamente con un rodillo de presión 54, 55 en forma de un cono doble o de un hiperboloide de rotación o de un cuerpo tanto como cóncavo, simétrico en rotación. Mediante estas formas, con solo cada vez un rodillo en cada lado del tubo 1 se consigue una distribución de carga sobre dos líneas espaciadas suficientemente entre sí en la circunferencia exterior del tubo 1. De este modo se evitan las marcas de rodadura en la envolvente

5 exterior del tubo debido al prensado superficial demasiado elevado. Los punzones hidráulicos 54, 55 se hacen funcionar con la misma carrera después de un único ajuste en un centro que se sitúa sobre el eje central del tubo 2, de modo que los rodillos de presión 54, 55 se ponen en contacto simultáneamente con la envoltura del tubo y luego también provocan la deformación con las mismas fuerzas. El tubo permanece por consiguiente de forma centrada en el plano vertical durante toda la realización del procedimiento de conformación por curvado.

10 A la derecha y a la izquierda en el almacén de marco 51 está montados otros dos punzones hidráulicos 56, 57, que en su extremo presentan cada vez al menos un rodillo de guiado 58, 59. De este modo el tubo 1 también se centra en dirección horizontal, de modo que se recalca exactamente en el eje central 2 mediante los punzones 52, 53 dispuestos arriba y abajo con los rodillos de presión 54, 55 y no aparecen excentricidades. Mediante los punzones hidráulicos 56, 57 en el lado solo se posicionan y sujetan los rodillos de guiado 58, 59, no obstante, por ellos no se ejerce una fuerza de deformación sobre el tubo. Preferentemente los rodillos de guiado 58, 59 laterales están redondos-convexos o cilíndricos, a fin de evitar una fijación condicionada por la forma del tubo 1 en los rodillos de guiado en la dirección vertical.

15 Esta disposición sobre los ejes horizontales y verticales es válida para una curvatura de tubos que se realiza en un plano horizontal.

20 Según muestra la figura 7, el recalado se realiza exclusivamente en la dirección vertical, de modo que la sección transversal del tubo 1 adopta la forma de una elipse, el eje de diámetro largo discurre así horizontalmente. La ovalidad está representada de forma exagerada en la representación según la figura 7, tal y como se representa también en la figura 3 explicada a continuación para la ilustración. Realmente la falta de redondez impuesta solo es aproximadamente del 1% del diámetro del tubo al inicio, 1,5% al final y hasta el 4% del diámetro del tubo en el medio de la curvatura del tubo, de modo que apenas es visible a simple vista.

El almacén de marco 51 de la unidad de prensa 50 está configurado de forma anular y a saber en el sentido de que está configurado cerrado en sí, es decir sin fin. La forma exterior es preferentemente en forma de rombo en la vista en planta desde arriba, estando dispuesto en cada esquina uno de los punzones 52, 53, 55, 56.

25 La figura 2 muestra un arco de tubo 3 con una tangente inicial 2 y una tangente 4. En la figura 2 están marcados tres planos de corte distintos A-A, B-B y C-C, estando dispuesto el plano de corte B-B en el medio del arco de tubo 3, ya que allí están presentes las mayores desviaciones de los espesores de pared en el arco interior y en el arco exterior.

30 En la figura 3 están representados los cortes transversales en los puntos marcados en la figura 2, que se producirían en un procedimiento de curvado por inducción según el estado de la técnica. Por lo tanto, el corte transversal es todavía redondo solo en la zona A-A, es decir, en la tangente final 4 en el tubo usado 1 no deformado. Debido al proceso de conformación se produce como corte transversal B-B en el medio del arco 3 una así denominada ovalidad vertical, que tiene como consecuencia simultáneamente que en la zona C-C, es decir, en la transición hacia la tangente inicial 2, se dé como resultado una ovalidad yacente.

35 Mediante el uso del procedimiento de curvado por inducción según la invención se producen por el contrario formas redondas para todos los tres cortes transversales A-A, B-B y C-C, según está representado en la figura 4.

40 La figura 5 muestra en otro dibujo en corte transversal en el plano B-B las diferentes distribuciones de espesores de pared en el arco de tubo 3. En el arco interior del tubo 3.2 el espesor de pared es claramente más grueso que en el arco exterior del tubo 3.1. Un eje vertical 3.3, que caracteriza la zona neutra, no se sitúa en el centro de la sección transversal, sino que según la invención está decalado hacia el arco exterior del tubo 3.1. Esto se consigue, por ejemplo, mediante la siguiente distribución de temperatura asimétrica según la invención en la zona de conformación:

Lado exterior del arco 3.1	850 °C
Lado interior del arco 3.2	1000 °C

45 El recorrido de reglaje del inductor en este punto solo está descentrado aproximadamente 10 mm. Este pequeño recorrido de reglaje en relación a las otras medidas geométricas es ya suficiente para obtener los efectos según la invención.

50 La figura 6 muestra la distribución del espesor de pared en un corte longitudinal horizontal a través del arco de tubo 3. La línea de puntos y trazos en el medio representa el eje central del tubo 2. En paralelo a ella discurre la zona neutra 3.3. Las líneas a trazos en la zona del arco interior del tubo 3.2 y del arco exterior del tubo 3.1 representan los espesores de pared en el tubo 1 no deformado. Las líneas completas muestran los espesores de pared que se ajustan tras la realización de la conformación por curvado. Aquí también se representan las desviaciones de forma exagerada.

A continuación, se representan los ejemplos para la distribución de espesores de pared en un tubo usado con un espesor de pared nominal de 10 mm:

ES 2 744 610 T3

a) Conformación por curvado por inducción según el estado de la técnica:

Lado exterior del arco 3.1	7,5 mm (-25%)
Lado interior del arco 3.2	15,0 mm (+50%)
Modificación del diámetro interior del tubo (constricción)	-1,25 mm

b) Conformación por curvado por inducción según la invención:

5 Gracias a las temperaturas adaptadas correspondientemente se puede conseguir un desplazamiento de la zona neutra 3.3 hacia dentro o fuera. En general se pretende un desplazamiento hacia fuera con el procedimiento según la invención, para hacer la mitad el debilitamiento:

Lado exterior del arco 3.1	8,75 mm (-12,5%)
Lado interior del arco 3.2	17,50 mm (+75%)
Modificación del diámetro interior del tubo (constricción)	-3,125 mm

10 Por consiguiente, el debilitamiento del lado exterior del arco 3.1 se ha reducido a la mitad. El aumento simultáneo del espesor de pared en el lado interior del arco 3.2 conduce a una ligera reducción del diámetro interior. La reducción resultante de ello de la sección transversal del tubo en aproximadamente 2 mm es despreciable en vista del gran diámetro de los tubos usados.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la conformación por curvado por inducción de un tubo redondo resistente a la presión (1) con gran espesor de pared y gran diámetro, en particular en un tubo de central eléctrica y de oleoducto, con al menos las etapas siguientes
- 5 - apoyo horizontal del tubo (1) redondo no mecanizado;
 - avance del tubo (1) hasta el paso de un tramo de tubo delantero a través de un inductor anular (20) de una unidad de inducción eléctrica, que puede desplazarse transversalmente respecto al transcurso longitudinal del tubo (1);
- 10 - retención del tramo de tubo delantero en un cierre de curvado (31), que está montado sobre un brazo de curvado (30) que se puede pivotar alrededor de un eje de giro vertical (32), dispuesto lateralmente al tubo (1);
 - aplicación de corriente en la unidad de inducción para el calentamiento de un tramo de tubo;
 - desvío del brazo de curvado (30) mediante avance longitudinal del tubo (1) hasta la elaboración del arco de tubo (3);
- 15 **caracterizado porque**
 - el tubo (1) se recalca verticalmente en una unidad de prensa (50) antes de la introducción en el inductor (20) y **porque** al tubo (1) se le impone aquí una sección transversal en forma de un óvalo yacente y
 - **porque** al menos durante una parte de la curvatura del tubo, mediante un desplazamiento transversal del inductor (20) respecto al tubo (1) se ajusta un perfil de temperatura con una temperatura más baja en el lado exterior del arco (3.2) y con una temperatura más elevada en un lado interior del arco (3.1).
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el tubo (1) se recalca constantemente durante el avance longitudinal.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el tubo (1) se recalca constantemente durante el avance longitudinal, aumentando de forma creciente el grado del recalcado de una tangente inicial (2) hacia el medio del arco de tubo (3) y se reduce desde allí hacia una tangente final (4).
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el perfil de temperatura se ajusta mediante suministro de energía local aumentado en un lado del arco (3.1, 3.2).
5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado porque** se reduce la distancia del inductor (20) respecto al lado interior del arco (3.2) y al mismo tiempo se aumenta en el lado exterior del arco (3.1) y **porque** el nivel de temperatura absoluta se regula mediante la adaptación de la corriente eléctrica que fluye en el inductor (20).
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el perfil de temperatura se ajusta mediante la evacuación de energía local aumentada en un lado del arco (3.1, 3.2).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la temperatura se reduce en el lado interior del arco (3.2) mediante un dispositivo de refrigeración y **porque** el nivel de temperatura absoluta se regula mediante la adaptación de la corriente eléctrica que fluye en el inductor (20).
- 35 8. Dispositivo curvador de tubos por inducción (100) para tubos redondos resistentes a la presión (1) con gran espesor de pared y gran diámetro, en particular para tubos de central eléctrica y de oleoducto que comprende al menos
- 40 - una bancada de máquina (11) para el apoyo horizontal de un tubo (1) no mecanizado;
 - una unidad de avance (11) que actúa a lo largo del eje de tubo;
 - una unidad de inducción eléctrica con un inductor anular (20) para el calentamiento de un tramo de tubo;
 - un brazo de curvado (30) pivotable alrededor de un eje de giro vertical (32) con un cierre de curvado (31) para la retención del tubo (1) así como con un dispositivo de reglaje para el reglaje de la distancia entre el eje de giro (32) y el cierre de curvado (31);
- 45 **caracterizado porque**
 - visto en la dirección de avance, delante del inductor (20) está dispuesta una unidad de prensa (50), que presenta al menos un punzón (52) que actúa verticalmente sobre el tubo (1) y un contraapoyo (53); y
 - **porque** el inductor (20) está montado de forma desplazable transversalmente respecto a la dirección de avance y **porque** a través de la unidad de regulación se puede regular la potencia eléctrica de la unidad de inducción en función de un decalado transversal del inductor (20) o a la inversa.
- 50 9. Dispositivo curvador de tubos por inducción según la reivindicación 8, **caracterizado porque** la unidad de prensa (50) presenta al menos dos punzones (52, 53) accionados hidráulicamente, que actúan de forma opuesta entre sí sobre el tubo.
- 55 10. Dispositivo curvador de tubos por inducción según las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado porque** el punzón y el contraapoyo o los punzones (52, 53) que actúan de forma opuesta presentan cada uno al menos un rodillo de presión (54, 55), los cuales poseen la forma de un cono doble o de una hiperboloide de rotación.

11. Dispositivo curvador de tubos por inducción según una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado porque** el punzón y el contraapoyo o los dos punzones (52, 53) están dispuestos arriba y abajo en un armazón de marco cerrado (51) y **porque** a ambos lados del armazón de marco (51) está dispuesto al menos cada vez un rodillo de guiado lateral (58, 59).

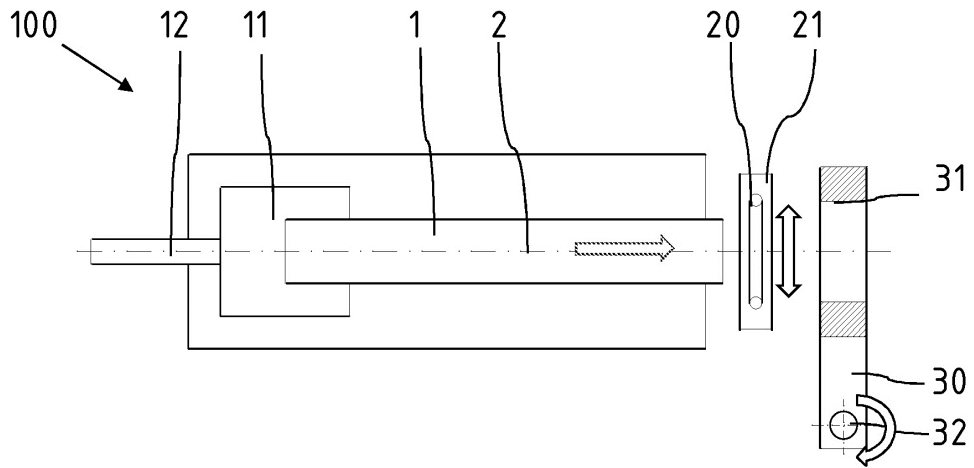


Fig. 1

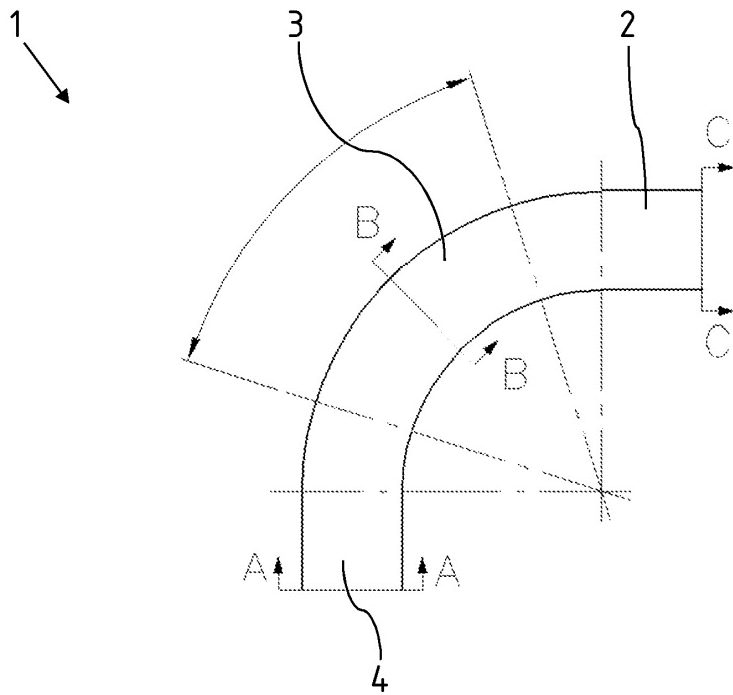


Fig. 2

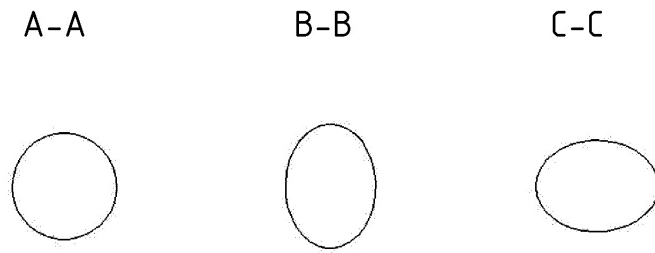


Fig. 3
Estado de la técnica

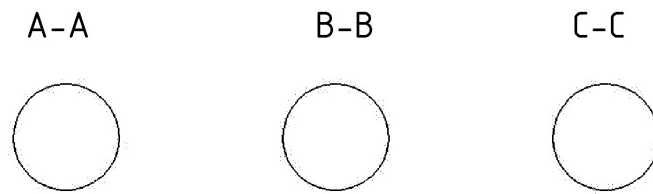


Fig. 4

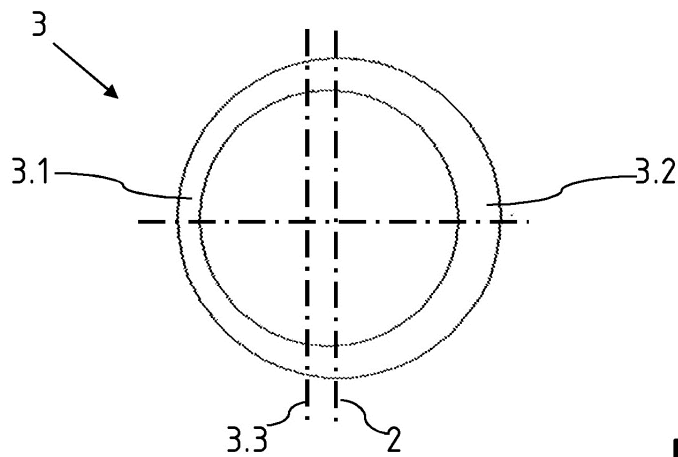


Fig. 5

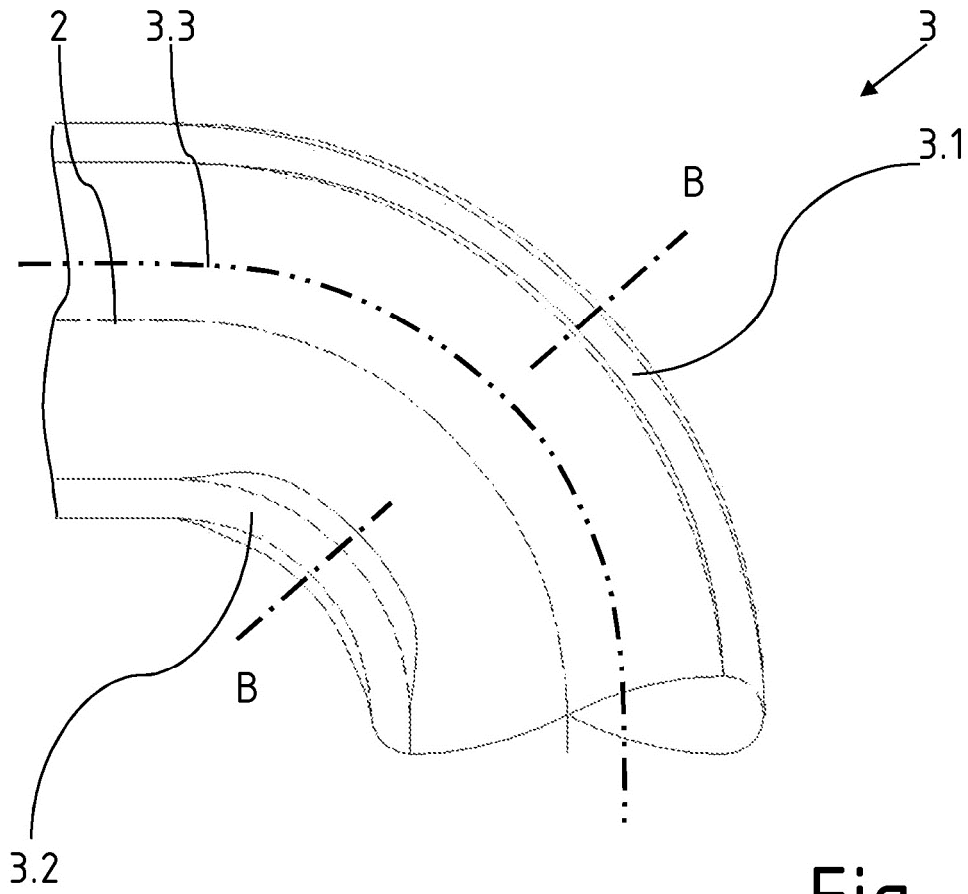


Fig. 6

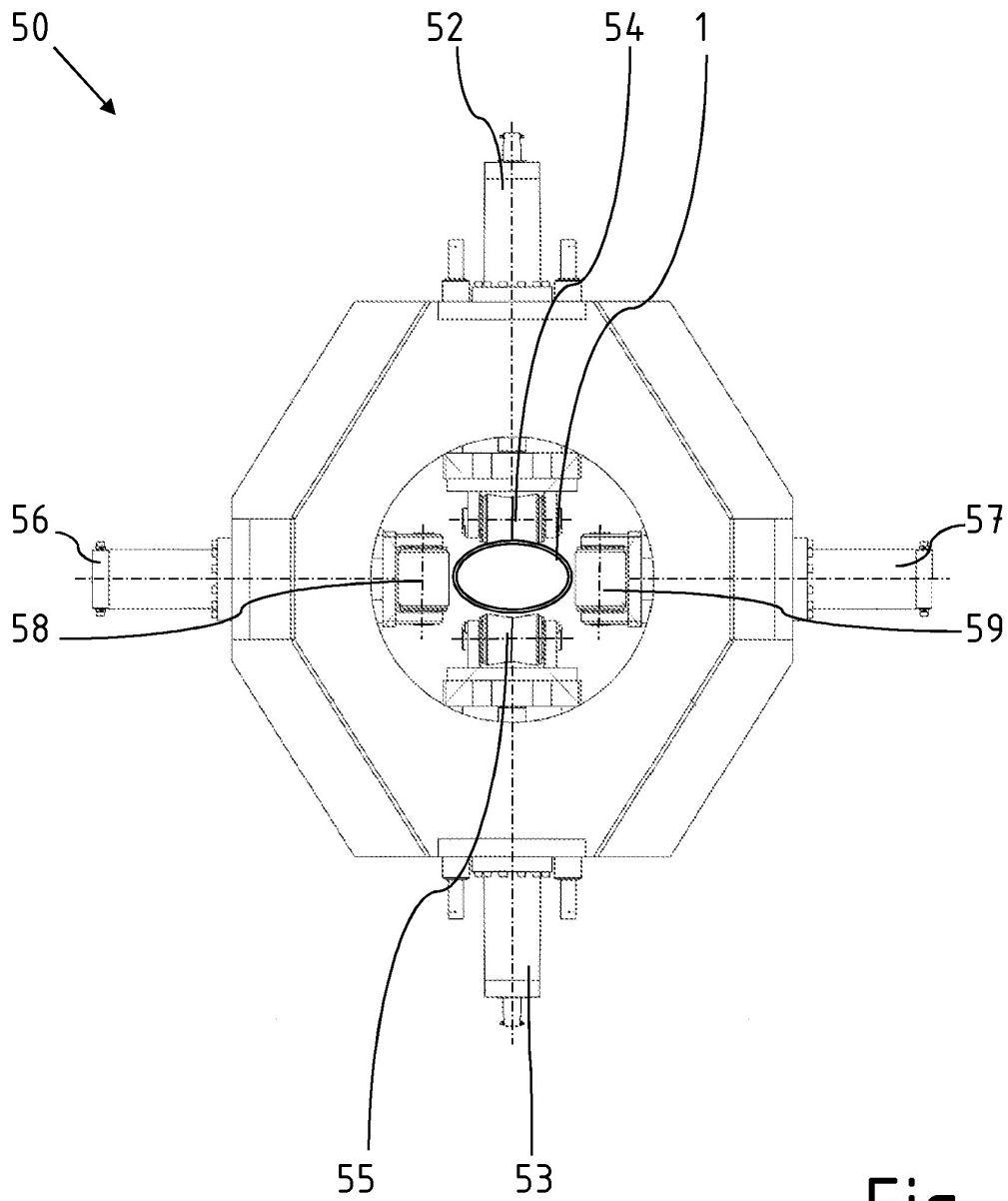


Fig. 7