

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 658**

51 Int. Cl.:

**B23K 9/028** (2006.01)

**B23K 9/235** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.08.2009 PCT/EP2009/006185**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.03.2010 WO10022931**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2009 E 09778126 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017 EP 2328708**

54 Título: **Método de soldadura por fusión de cubiertas de paredes finas**

30 Prioridad:

**27.08.2008 RU 2008134622**  
**27.08.2008 RU 2008134621**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.02.2018**

73 Titular/es:

**ARMOTECH S.R.O. (100.0%)**  
**U. Habrovky 247/11**  
**140 000 Praha 4, CZ**

72 Inventor/es:

**LUKIYANETS, SERGEY, V. y**  
**MOROZ, NIKOLAY, G.**

74 Agente/Representante:

**ÁLVAREZ LÓPEZ, Sonia**

ES 2 655 658 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**

Método de soldadura por fusión de cubiertas de paredes finas

**Ámbito de la técnica**

5 La invención se refiere a un método de soldadura, en especial en el ámbito técnico de soldadura por fusión, en un medio de gases protectores con adición de reactivos halogenados a la zona de soldadura. En particular puede utilizarse durante la soldadura de cubiertas de paredes finas, productos semielaborados tubulares y otros productos de acero inoxidable. Encontrará los tipos en DE-A-102005002618.

**Antecedentes**

10 Para que sea posible llevar a cabo la soldadura, particularmente de productos cilíndricos de paredes finas de grandes longitudes periféricas, debe asegurarse la perfecta concordancia de los márgenes de unión con respecto al grosor y el perímetro, y en consideración a la coaxialidad y la precisión de centrado de las partes que han de ser soldadas.

15 Asimismo, no es posible realizar la soldadura por fusión de suficiente calidad de las juntas de las caras frontales, particularmente de productos de paredes finas, sin un ajuste previo de las partes por motivos de conmensurabilidad de los parámetros de rugosidad y de diferencias en el espesor. Esto está condicionado por el hecho de que la soldadura por fusión, con un resultado aleatorio del carácter del lugar de contacto creado en la parte frontal de la unión, tiene lugar bajo la influencia de la acción de la corriente de soldadura que circula en los lugares de contacto a través del calentamiento rápido del metal en los lugares de contacto y su desplazamiento desde las zonas de soldadura. Aparte de esto y con respecto a las curiosidades específicas del calentamiento de metales durante la fusión continuada, no logra alcanzar una zona amplia de calentamiento suficiente necesaria para obtener una soldadura de calidad de las piezas de trabajo con grandes secciones transversales. Es conocido que la calidad de las capas superficiales previamente ajustadas (rugosidad, ondulación, resistencia frente al deterioro, micro-dureza, tensión residual) de las partes influye en la calidad de su soldabilidad.

25 Asimismo, es conocido que durante la realización de la soldadura, en particular de piezas de trabajo de paredes delgadas de grandes longitudes periféricas, tiene lugar un cambio no equilibrado de los perímetros de los productos semielaborados soldados debido a tensiones térmicas que surgen en los materiales de los productos semielaborados destinados a ser soldados con la realización del procedimiento de soldadura. Estos cambios en las longitudes periféricas llevan, en el mejor de los casos, a la torsión de los productos soldados o a la abrasión de los productos que han de ser soldados. Con el fin de realizar un procedimiento de soldadura de gran calidad de cubiertas de paredes finas es imprescindible preparar una absoluta coincidencia de los bordes de unión de las piezas de trabajo, ya sea en cuanto a grosor, como también a perímetro; y esto teniendo en cuenta la coaxialidad y la precisión en el centrado de las partes que van a ser soldadas y manteniéndolas durante todo el proceso de soldadura.

35 Z SU 1185781 A1 es un conocido método de preparación y montaje de juntas circulares para soldaduras y esto, en esencia, desde una construcción flexible, incluido el mecanizado de los bordes, hasta un tamaño determinado de antemano y su montaje en el anillo de expansión de centrado. En primer lugar se coloca cada una de las piezas que han de ser soldadas en el anillo de centrado, el anillo se expande, el borde de la soldadura se deforma elásticamente y se lleva a cabo su mecanizado; al final se produce el montaje de las juntas donde los anillos se colocan axialmente con respecto a la superficie que ha de ser unida.

40 El inconveniente de esta solución es el hecho de que durante la realización del mecanizado se originan, en el caso de piezas de paredes finas, paredes frontales con rugosidades, las cuales son conmensurables con el grosor de las paredes de las piezas, lo cual hace imposible una soldadura de perfecta calidad.

50 Z RU 2 288827 C1 es un conocido método de preparación de los bordes de los tubos para su soldadura, en el que se lleva a cabo el mecanizado de la cara frontal del tubo por torneado y forjado en frío, mientras que en sus bordes superiores se origina una protuberancia calada y, al mismo tiempo, la cara frontal del tubo soldado está vuelta hacia la herramienta de corte en un ángulo de 90° hacia el eje del tubo, la cara frontal del segundo tubo es asimismo mecanizada desde la cara interior a 90°, mientras que en la pieza superior de la pared frontal permanece una protuberancia circular de un grosor y longitud máx. 4 mm. Esta protuberancia circular es doblada con posterioridad por un rodillo de extensión en un ángulo de 45 hasta 90° debido al eje del tubo en dirección hacia fuera y la protuberancia doblada hacia atrás obtenido se tornea, mientras que su sección recibe la forma de la protuberancia calada; triángulo isósceles, trapecio isósceles o rectángulo y después se tornea en la cara frontal bajo la protuberancia calada una superficie cilíndrica con un diámetro interior que es igual al diámetro exterior de la cara frontal del primer tubo.

55 El inconveniente de esta solución reside en que no permite una soldadura de perfecta calidad.

60 El resultado más cercano a la técnica propuesta en esta invención es la solución según RU 95118844 A. Se

propone aquí un procedimiento que consiste en que la pieza de trabajo se coloca en la matriz de soporte y desde la cara frontal se aplican fuerzas de presión con un instrumento rotatorio en la pieza de trabajo, mientras que en el proceso de forjado, se permite la redistribución de los elementos de la composición de fases del metal de la pieza de trabajo hasta un nivel cristalográfico con la composición fenomenológica de las propiedades físicas.

5

El inconveniente de esta solución reside en que bajo la influencia de altas presiones de contacto tiene lugar una compresión en una dirección determinada de antemano y la redistribución de los materiales que no se elimina de la zona de procesamiento, lo que impide alcanzar una alta calidad en la preparación de los productos semielaborados de paredes finas que han de ser soldados.

## 10 **Publicación de la invención**

La tarea de la invención es la creación de un procedimiento para la soldadura de alta calidad de juntas circulares de cubiertas cilíndricas de paredes finas para la producción de recipientes cerrados.

15

Esta tarea se resuelve mediante el procedimiento caracterizado en la reivindicación patentada 1. El método perfeccionado y ventajoso según la invención es sujeto de las reivindicaciones patentadas 2 hasta 14.

20

Por medio del procedimiento según la invención es posible aumentar la calidad de la soldadura en productos semielaborados revestidos de paredes finas creando una estructura densa, finamente granulada sin micro-defectos, lo que mejora la calidad de la soldadura.

25

Un método ventajoso llevado a cabo según la invención para la soldadura por fusión de juntas de paredes finas, en particular cubiertas cilíndricas flexibles, se preparan las caras frontales que han de ser soldadas, en el dispositivo de centrado se prepara la organización de las juntas y se lleva a cabo al mismo tiempo la fusión con la conservación previa de montaje de los espacios entre las superficies vecinas de montaje, suficiente para realizar la soldadura, mientras que en cada una de las cubiertas unidas se produce una deformación plástica para la deformación de las micro-protuberancias en la superficie soldada de la pared frontal, mientras tiene lugar la compresión a una velocidad  $\Delta h = a \delta + b \delta^2/R$  del rodillo con un parámetro de rugosidad  $Ra \leq 0,16 \mu\text{m}$  donde  $\delta$  es el grosor de la pared de la cubierta soldada en mm;

30

R es el radio de la cubierta soldada en mm;  
a, b son coeficientes constantes para magnitudes  $\delta/R$  de 0,003 a 0,01 que crean valores pertinentes que se sitúan para a entre 0,1 y 0,3 y para b entre 0,075 y 0,375;

35

mientras el metal deformado se mueve desde la pared central del producto semielaborado cilíndrico hueco a la cara de su superficie interior y sobre ella se forma una banda circular interior de anchura de  $0,5 \delta$  a  $1,5 \delta$  y grosor de  $0,2 \delta$  a  $0,5 \delta$ , las cubiertas soldadas se almacenan en el dispositivo de centrado en consideración a su diámetro exterior y sus soldaduras por puntos se producen, en primer lugar, en el recinto en la superficie de unión, mientras que los electrodos se mueven paso a paso siempre en un paso de  $20 \delta$  a  $50 \delta$ , mientras que la soldadura principal continua tiene lugar con la formación de zonas de fusión con anchuras entre  $4 \delta$  y  $6 \delta$ , mientras que la disipación de calor de las partes soldadas empieza a una distancia que no es mayor de 6 hasta  $8 \delta$  de la superficie de unión.

40

La deformación de las micro-protuberancias en la pared frontal y su compresión se realizan con una deformación radial limitada de la superficie lateral exterior que se asienta en la pared frontal.

45

La deformación de las micro-protuberancias en la pared frontal y su compresión se realizan con un enfriamiento simultáneo de la superficie lateral exterior que se asienta en la superficie frontal con ayuda de un rodillo.

50

La deformación de las micro-protuberancias en la pared frontal y su compactación se realizan mediante un rodillo de diámetro que es igual a  $(4-6) \delta$  y con el parámetro de dureza del material  $HRC > 65$ .

La deformación de las micro-protuberancias en la pared frontal que ha de ser soldada se realiza mediante una fuerza de contacto aplicada al rodillo de 200-300 N.

55

La soldadura por puntos se realiza en dos ciclos, donde el segundo ciclo está desplazado por la mitad de la longitud del paso de la primera soldadura.

Las bandas anulares de paredes finas en la superficie interior de la cubierta que han de ser soldadas se crean con el mismo diámetro interior para cada uno de los productos semielaborados revestidos que han de ser soldados.

Las bandas anulares de paredes finas en la superficie interior de la cubierta que han de ser soldadas se originan con un ángulo no-recto dentro de cada pieza de trabajo que ha de ser soldada.

60

Al punto de calentamiento del material en la superficie exterior e interior de la cubierta que ha de ser soldada, se conduce un medio de gases protectores de diferentes composiciones.

Después de producir de la deformación plástica y antes de realizar la soldadura, se limpia la superficie de las paredes frontales de los productos semielaborados con disolvente.

La ventaja de la invención radica en su sencillez y en la fiabilidad de su realización.

**Descripción estructurada de los dibujos de la invención**

- Fig.1 y 2 muestran de forma esquemática el procedimiento de la deformación plástica.
- Fig. 3 muestra esquemáticamente la rugosidad de la superficie de la pieza de trabajo.
- Fig. 4 muestra de forma simplificada el campo de tensión.
- 5 Fig. 5 muestra esquemáticamente el cordón formado en borde frontal.
- Fig. 6 muestra esquemáticamente una perspectiva desde la cara frontal del mecanismo que se utiliza en la formación del cordón.
- Fig. 7 muestra un corte parcial A-A de la Fig. 6.
- Fig. 8 muestra esquemáticamente la creación de la tensión durante la soldadura de láminas en una sola pasada.
- 10 Fig. 9 muestra la formación de la contracción transversal durante soldadura en una sola pasada.
- Fig. 10 y 11 muestran la deformación en el plano durante la soldadura de láminas largas y finas.

**Ejecución de la invención**

15 Especialmente en cubiertas de paredes finas y productos tubulares que están fabricados de chapa mediante un proceso de fabricación de deformación, generalmente muestra la deformación en las dimensiones lineares del diámetro, grosor, calidad del procesamiento de las caras frontales, etc.

20 Es conocido que la micro-geometría de la superficie mecanizada depende de un gran número de diferentes factores, por ejemplo, el tipo de corte, defectos de las formas, vibraciones en el sistema técnico, etc. Por eso, es considerada como el resultado de la aparición aleatoria de un campo de micro-protuberancias y se precisan por características como son Rz, Rc y Ra.

25 En las piezas con irregularidades en la superficie tiene lugar la adsorción de diferentes gases; los cuales, además de los efectos mencionados anteriormente, conducen a problemas considerables durante la soldadura de piezas finas. La cantidad de gases adsorbidos en metales y aleaciones depende fuertemente del grado de rugosidad de sus superficies. Por eso, en la mayoría de cámaras de ultra vacío de dispositivos analíticos y tecnológicos, fabricadas por muchas compañías conocidas, suelen procesar la superficie interior hasta un grado de rugosidad Ra 1 hasta 3 µm. La sección transversal de una superficie de estas características se asemeja a la mostrada en la Fig.1.

30 Cuando se consigue pulir esta superficie hasta un grado de rugosidad Ra 0,1 hasta 0,3 µm, disminuye su área real en más que un factor de 10. Disminuye notablemente el número total de defectos en la estructura y esta superficie tiene un aspecto parecido al mostrado en la Fig. 2.

35 Es posible alcanzar una alta calidad del mecanizado mediante el procesamiento de la superficie preparada mediante el método de deformación plástica, por ejemplo, por medio de un rodillo de pulido con un parámetro de calidad de la superficie de trabajo  $Ra \leq 0,16 \mu\text{m}$  y parámetro de dureza del material  $HRC > 65$ .

40 En la Fig. 3 se muestra la deformación de las capas superficiales durante el movimiento de la herramienta en el plano de la dirección de pulido. El aparato con fuerza de prensado  $P_y$  a la superficie que va a ser procesada, es llevado a la profundidad  $R_D$  y durante su movimiento pule la rugosidad inicial. Después de una pasada de la herramienta tiene lugar el salto elástico parcial de la superficie a la altura  $\Delta_{Elast}$ .

45 Como resultado de la deformación plástica de la superficie que va a ser procesada tiene lugar el pulido de las rugosidades iniciales y la creación de un nuevo micro-relieve de la superficie con un nivel de irregularidad  $R_z$  mucho menor. El tamaño de la pieza de trabajo se hace más pequeño en un valor de la deformación residual  $\Delta_{PB}$ .

La curiosidad del proceso de deformación plástica reside en que delante de la pulidora se genera un cilindro de material plástico deformado  $R_B$  que prácticamente desaparece como resultado de actuaciones múltiples.

50 La curiosidad de la solución ofrecida según la invención reside en que, en este caso, durante el proceso de pulimiento, el cilindro deformado de material no se suaviza ni desaparece, sino que se somete a una deformación plástica y elástica suficiente en dirección perpendicular al movimiento de la herramienta. Esto significa que en esta solución se sugiere remover el cilindro surgido del material delante de la pulidora en dirección perpendicular a la dirección de la pulidora.

55 La fuerza deformadora de pulido es  $P_y = 200 - 300 \text{ N}$ . Con una  $P_y = 300 \text{ N}$ , la profundidad de la superficie reforzada aumenta, sin embargo la micro-dureza en las capas superficiales finas más altas disminuye como resultado de la disminución de la plasticidad.

60 En la Fig. 4 se muestra esquemáticamente y simplificado el campo de tensión que surge durante la deformación plástica con el rodillo.

El punto A' marca la longitud L de las ondas frontales BA' fuera de la superficie de contacto. A'K'D'C es el límite

de la extensión de las deformaciones plásticas originadas, donde su punto más bajo marca el grosor de la capa amplificada  $h$ . El campo de deformación que yace por este punto, no causa ningún cambio destacable en la resistencia del metal frente a la deformación plástica. La línea BK' y K'A' señala el ángulo de  $\pi/4$  a BA'. Desde el punto de vista geométrico:

$$5 \quad h = \sqrt{2} l 2 \sqrt{(h_b^2 + l^2)} - h_b \quad (1)$$

En el régimen de procesamiento utilizado más frecuentemente  $l \gg h_b$

$$h \approx 0,7 L \quad (2)$$

Experimentalmente se averiguó que

$$L = 2,1 d^{0,5} \quad (3)$$

10 Si en (2) sustituimos (3), se origina el tamaño de descenso en una pasada de la herramienta de deformación.

$$h = 1,5 \sqrt{d} \quad (4).$$

15 Como ya ha sido mencionado, según la invención se propone desplazar la onda de material que se origina durante el pulido de la pared frontal de la pieza de trabajo en dirección perpendicular a la dirección del movimiento del cilindro, y esto en dirección de la superficie interior de la pieza soldada, lo que lleva a la formación de una banda circular que aumenta localmente el grosor de la pared de la pieza y aumenta significativamente la dureza local de la pared frontal en la curvatura, tal como se muestra en la Fig. 5. De esta manera, la altura del cordón orientado al interior, que es igual a 0,5 hasta 1,5 veces el grosor de la pared, aumenta la dureza local de la cara frontal en la curvatura 3,37 hasta 15,625 veces.

20 La formación del cordón con estos parámetros facilita la técnica de manipulación durante el trabajo preparatorio de soldadura.

25 La construcción del dispositivo para la elaboración de estos cordones se muestra en la Fig. 6. desde la perspectiva de la pared frontal y en la Fig. 7 un corte incompleto A-A de la Fig. 6. Incluye una funda de disco 1 con un soporte 10 en su cara frontal trasera, en la que está dispuesto el separador circular 2, que contiene rodillos orientados radialmente 4 y rodillos 6 que están equilibrados en un ángulo agudo al radio. El separador circular 2 con los rodillos 4, 6 está sujeto en la funda 1 mediante un revestimiento 3 en la parte central de la funda y mediante un anillo estabilizador 5 en la parte periférica de la funda.

30 Las superficies mecanizadas de las caras frontales de las partes soldadas mediante el método de deformación plástica mediante la utilización de rodillos 4, 6 puede alcanzar un alto grado de pureza de mecanizado. La deformación plástica de la superficie mecanizada ocasiona el alisado de las irregularidades originalmente presentes y la creación de un nuevo micro-relieve de la superficie con un grado de irregularidad  $R_z$  notablemente menor.

35 La creación de la capa superficial por pulido de deformación tiene lugar como consecuencia de la deformación plástica de la superficie que va a ser mecanizada. Bajo la influencia de una fuerza radial, la cual actúa en la superficie de contacto de la herramienta de deformación con la pieza, se produce una deformación plástica de sus capas finas superficiales. Durante la deformación plástica, la capa superficial tiene una estructura (textura) fibrosa específica con una red cristalina que está deformada en comparación con la red cristalina original.

40 La organización según la Fig. 6 y Fig. 7 funciona como sigue. Se coloca el preparado en la mesa de trabajo, la cual permite el movimiento rotatorio alrededor del eje del separador circular 2 según las flechas en dirección de las agujas del reloj para el dispositivo según la Fig. 6, con ayuda del soporte 10. La cubierta de paredes finas de metal que va a ser procesado es llevada por la cara frontal (no ilustrada) hacia los rodillos de deformación 4, 6 del preparado y presionada por una fuerza predeterminada. Durante la rotación del preparado contra su ángulo, los rodillos 4 orientados radialmente deforman plásticamente la superficie frontal de la cubierta y los rodillos 6 que están orientados en ángulo agudo al radio del separador 2, por ejemplo entre  $35^\circ$  y  $50^\circ$ , desplazan el material originado durante la deformación plástica a la cara de la superficie exterior de la superficie de la cubierta procesada y crea en ella un cordón que es doblado hacia el borde interior de la cubierta que se va a preparar. Dependiendo del número de ciclos se establecen las dimensiones requeridas del cordón que se está originando. La pureza de la superficie de la cara frontal procesada de la cubierta al mismo tiempo responde a la pureza de la superficie de los rodillos de deformación. Por razones prácticas puede actuar una fuerza necesaria que actúa en el rodillo de 100 hasta 200 o incluso 300 N. Por este motivo y, en base al requerimiento para lograr la deformación plástica en el material de la cubierta que va a ser procesado, se eligen rodillos de aguja con un diámetro que no exceda en

cinco veces al grosor de las caras frontales del producto revestido, la dureza de sus materiales debe ser HRC > 65 y el parámetro de rugosidad de la superficie  $Ra \leq 0,16 \mu\text{m}$ . Es ventajoso agrupar los rodillos orientados radialmente y los rodillos dispuestos en ángulo con respecto al radio en sectores separados, ordenados a lo largo del recinto del separador circular 2, el cual rodea simétricamente toda la parte frontal de la superficie de la cubierta procesada. Cada sector es, al mismo tiempo, constituido de tal manera que pueda alcanzar del 5 al 12% de la superficie de la parte frontal procesada de la pieza de trabajo.

Teniendo en cuenta el tamaño de la parte frontal de compresión  $h$ , mostrada en la Fig. 4, originada durante el paso del dispositivo de deformación y a la identidad del volumen de material desplazado y el volumen de material en el cordón que se va a originar, el tamaño de contracción de parte frontal  $\Delta h$  se puede ajustar en una ecuación

$$\Delta h = a \delta + b \delta^2/R$$

donde  $R$  es el radio de la capa neutral de la pieza de trabajo en mm;  $a$ ,  $b$  son coeficientes constantes de extensión  $\delta/R =$  de 0,003 a 0,01 que equivalen respectivamente para  $a$  0,1 a 0,3 y para  $b$  0,075 a 0,375;  $\delta$  es el grosor de la pieza de trabajo de metal original en mm.

Es conocido que durante la soldadura de cubiertas o láminas se origina un estado biaxial de tensión del metal en la zona de fusión.

El esquema típico de la expansión de la tensión en el metal durante el movimiento de la fuente de calor de fusión se muestra en la Fig. 8.

El área de la zona II a la zona I está caracterizada por la presencia de tensiones de contracción notables  $\sigma_y$ . Aquí es donde tiene lugar la deformación plástica del metal. En la zona III a que está durante el movimiento de la fuente de calor expuesta al calentamiento, aumentan las tensiones de contracción  $\sigma_x$  y  $\sigma_y$ , mientras que en las cercanías a la zona I, las tensiones  $\sigma_y$  no son significativas. El ascenso de tensiones de contracción  $\sigma_x$  durante el proceso de deformación plástica cambia de forma limitada en las fronteras de las zonas III a y III b por la reducción de tensiones de contracción y, consecuentemente, su paso a tensión de tracción en la medida en cómo el metal se enfría. En la frontera de las zonas I y IV la tensión se acerca a cero, mientras que en la zona IV  $\sigma_x$  y  $\sigma_y$  son expansivas. Según esto, cuando la fuente se aleja de la zona de anchura  $2b$ , donde se ha producido la deformación plástica, se origina una tensión expansiva residual  $\sigma_x$ . En láminas de gran anchura hay una tensión en el metal al otro lado de la frontera de la zona de deformación plástica  $2b$  cercana a cero.

El resultado de la determinación del desplazamiento del margen de la lámina durante su calentamiento por el movimiento de la fuente de calor se puede utilizar para explicar el mecanismo de la creación de la contracción transversal en la zona del cordón de soldadura.

Cuando se sueldan dos láminas con espacio, como se muestra en la Fig. 9b, los bordes de cada una de las láminas son sometidos a un movimiento transversal  $v$ . El desplazamiento recíproco de los bordes ante la fuente de calor no obstaculiza nada. En el momento de soldadura de los bordes, los movimientos alcanzan su magnitud máxima  $v_{\text{máx}}$ , mientras que durante el acercamiento recíproco de los bordes actúa  $2 v_{\text{máx}}$ . En el caso de que el metal tenga después de la soldadura una alta dureza y temperatura, se reduciría inmediatamente  $v$  por la fuente de calor acercando las láminas hacia sí recíprocamente y originando una contracción transversal  $2 v_{\text{máx}}$ . El metal consigue efectivamente en la sección OA muy poca resistencia contra la deformación plástica, lo que lleva a que el metal en esta sección se funda y estire  $2(v_{\text{máx}}-vA)$ .

En el punto A cesa el estiramiento plástico del metal en dirección transversal a la soldadura; la aproximación recíproca de los bordes representa  $2vA$ . Consecuentemente se forma, después del completo enfriamiento del metal, la contracción transversal  $A_{\text{transv}} = 2vA$ . La magnitud de la deformación plástica, es decir, la diferencia  $2(v_{\text{máx}}-vA)$ , depende sobre todo de las propiedades mecánicas del metal  $v$  en la fuente que se muestra en la Fig. 9a. Mientras el descenso  $v$  no responde al descenso de la temperatura del metal. Por eso, durante el descenso gradual  $v$ , que responde a la curva discontinua en la Fig. 9a, aumenta la magnitud  $2vA$  y la deformación plástica cae.

En la lámina que se suelda por soldadura sin espacios, los bordes no se pueden desplazar ante la fuente de calor sin inconvenientes. Hasta el punto concreto B que se muestra en la Fig. 9a tiene lugar una compresión elástica del metal, de manera que los bordes se unen a ellos entre sí. La deformación plástica del metal estampado sucede Desde el punto B hasta el punto D la deformación plástica produce la compresión del metal. El tramo CB que está expuesto a la deformación elástica influye a la vez en el resultado de la acción elástica recíproca de los tramos de metal BC y BD la magnitud  $V_{\text{max}}$  en el punto D. Esto lleva a que durante la soldadura de las láminas si espacios, así como durante la fusión de todas las láminas continuas, es la magnitud  $2 v_{\text{max}}$  más pequeña y como resultado de esto, es también menor la contracción transversal que es igual a  $2vA$ . En este caso la contracción transversal es un 15 hasta 20% menor que durante la soldadura con espacio. En el transcurso elástico ideal del proceso de soldadura de dos láminas el tamaño máximo posible  $2 v_{\text{max}}$  es expresado en la ecuación:

$$2v_{\max} = 2 \frac{\alpha}{c\gamma} \cdot \frac{q}{\delta v_c}$$

El tamaño real de la contracción transversal que se forma en el momento de la soldadura y se queda después del total enfriamiento de la lámina es menor de lo teóricamente posible.

- 5 En la soldadura de láminas por arco eléctrico, cuando estas láminas se unen sin espacio, es

$$\Delta_{\text{non}} \leq (0,5\delta_0,7)2v_{\max} = (1,0 \text{ bis } 1,4) \frac{\alpha}{c\lambda} \cdot \frac{q}{\delta v_c}$$

Esta fórmula es válida para aceros bajos en carbono, de baja aleación y acero inoxidable austenítico, y para aleaciones de titanio y aluminio de grosores de hasta aproximadamente 16 mm.

- 10 La contracción transversal de las láminas unidas por soldadura no se observa inmediatamente después de la soldadura, sino cuando la lámina se enfría completamente, a pesar de que tiene lugar directamente durante el proceso de soldadura.

- 15 En los desplazamientos durante el paso de la fuente de calor participa una zona relativamente estrecha del metal, solo la zona calentada a alta temperatura. Por eso, la fijación de las láminas no tiene prácticamente ninguna influencia en el desplazamiento transversal de los bordes durante la soldadura. Solo en la fase de enfriamiento, cuando son los endurecimientos lo suficientemente fuertes, es posible la deformación plástica del metal que lleva a la reducción de la contracción transversal. En el segmento inicial de la soldadura no se llega a un desplazamiento cuasi estacionario de los bordes, la contracción transversal aquí es de una altura algo menor que en otras partes de la soldadura.

- 20 Si no se han cambiado las condiciones de calentamiento, después al repetir el calentamiento en el mismo lugar, la contracción transversal sobre la segunda soldadura es igual a la contracción transversal de la primera soldadura. Si se sueldan láminas dejando un espacio; los bordes se pueden acercar recíprocamente o separarse entre ellos a causa de la deformación temporal incluso antes de llevar la fuente de calor a causa de la deformación temporal.
- 25 En este caso, la contracción transversal total se compone de los movimientos que originan una deformación temporal de las láminas como un todo y del desplazamiento de la zona de fusión. Durante la soldadura de láminas que están unidas sin dejar espacio o aquellas que están unidas por grapas, generalmente la contracción transversal no depende de la deformación temporal. Una excepción son los casos en que, por ejemplo, las piezas unidas sin dejar espacio que, sin embargo, no están sujetas mutuamente durante la soldadura se alejan mutuamente.
- 30 El alejamiento recíproco de las láminas y la abertura de espacios durante la soldadura puede ocurrir por dos causas: la llamada deformación estructural temporal y el calentamiento desigual de láminas estrechas a lo ancho. La deformación de las láminas estrechas mediante un calentamiento desigual a lo ancho origina, en esencia, deformaciones por flexión en dirección longitudinal en el plano que están mostradas esquemáticamente en la Fig. 10. El movimiento de las láminas tiene lugar como consecuencia de que la cara calentada de la lámina se expande, mientras que la cara fría actúa en contra de esa expansión. En la medida en la que la anchura de la lámina se reduce por la fuerza inalterada de la fuente de calor, crece la deformación del giro provocado de las secciones. Sin embargo, las láminas muy finas se pueden calentar completamente a altas temperaturas sin que se originen deformaciones angulares significativas.

- 40 La anchura de la lámina, donde puede ser insignificante la deformación por el giro de las secciones, depende del tipo de soldadura y térmicamente de las propiedades físicas del metal. Para la consideración objetiva de la anchura de las láminas debe utilizarse la relación

$$\frac{B}{b_0}$$

- 45 donde B es la anchura de la lámina y  $b_0$  la anchura de la zona que se calienta a la temperatura en el que el límite del metal fundido se acerca a cero.

- 50 Si se utiliza la teoría de fuerzas, las fuentes de calor que se están moviendo rápidamente, se puede determinar el tamaño  $b_0$  según la ecuación:

$$b_0 = \frac{0,242}{c\gamma T_0} \cdot \frac{q}{v_c \delta}$$

En la relación

$$\frac{B}{b_0} \approx 8$$

- 55 las láminas pueden ser consideradas como anchas y la deformación angular originada por el calentamiento desigual puede considerarse como insignificante.

- Si no ha tenido lugar la deformación por flexión durante el proceso de soldadura, se determina la deformación restante por acortamiento en dirección longitudinal en la soldadura de unión de las láminas según la ecuación:

60

$$\Delta_{\text{long}} = \frac{P_{\text{shrink}}}{EF}$$

donde

$$P_{\text{shrink}} = 1,7 \frac{q}{v_c}$$

es la fuerza de contracción e l y F es la longitud y superficie de la sección de la lámina que ha de ser soldada.

5

La soldadura de dos láminas de diferentes anchuras, como se muestra en la Fig. 9b, genera una fuerza de contracción  $P_{\text{shrink}}$ , situada a una distancia  $y_0$  del eje central, momento de flexión M. La láminas que han de ser soldadas, además del acortamiento longitudinal que sufren al enfriarse, también se doblan.

10

$$\Delta_{\text{long}} = \frac{P_{\text{shrink}}}{E(B1 + B2)\delta}$$

Las relaciones y ecuaciones anteriores permiten elegir las dimensiones óptimas de las zonas de fusión y la longitud mínima con la que se debe llevar a cabo la disipación de calor de la zona de fusión y, también, determinar las dimensiones óptimas de la longitud de la pieza que tienen que abarcar las piezas para evitar los abultamientos durante la soldadura y para reducir la tensión restante en el equipo que ha de ser soldado.

15

Según la invención presentada, se determina la tarea de elegir los parámetros óptimos de la evolución del soldado, resuelta así que las cubiertas se sueldan previamente mediante soldadura por puntos con el movimiento de pasos del electrodo determinado con anterioridad en una distancia de 20 hasta 50  $\delta$ , cuando estas cubiertas se centran mutuamente por su contorno en el plano de unión. Mientras la propia soldadura ininterrumpida principal tiene lugar con la generación de una zona de fusión de una anchura de 4 hasta 6  $\delta$ .

20

El enunciado se resuelve también así que en el proceso de soldado realizado empieza la disipación de calor en las piezas que van a ser soldadas a una distancia del plano de unión de las piezas recubiertas de paredes finas que no son mayores de 5 hasta 8  $\delta$ .

25

El resultado técnico de la invención es alcanzado dentro de los límites de las relaciones mencionadas que han sido determinadas experimentalmente.

30

El procedimiento según la invención se realiza de la siguiente manera.

En el dispositivo de deformación se realiza, en primer lugar, la deformación de las micro-protuberancias de los productos semielaborados revestidos en las superficies soldadas de las paredes frontales con contracciones de tamaño  $\Delta h$  y se alcanza un parámetro de rugosidad de las paredes frontales  $Ra \leq 0,16 \mu\text{m}$ . En este dispositivo de deformación, el metal que ha de ser deformado se traslada a las paredes frontales de los productos intermedios en dirección de la superficie interior y, en ella, se genera una banda anular interior de anchura de 0,5 a 1,5  $\delta$  y grosor de 0,2 a 0,5  $\delta$ .

35

La cubierta de acoplamiento se coloca en el dispositivo que efectúa el centrado según el parámetro exterior. Al mismo tiempo, en el dispositivo de centrado están dispuestos los elementos de refrigeración para la disipación de calor de las piezas que tienen que ser soldadas. Tras colocar los productos semielaborados revestidos en el dispositivo de centrado y tras el control de la coaxialidad de la congruencia de las paredes frontales, el movimiento por pasos del electrodo se efectúa en el plano de los puntos de unión de la soldadura en pasos de 20 a 50  $\delta$ . Para una soldadura local de los productos semielaborados revestidos se efectúa una soldadura continua propia principal para formar una zona de fusión con una anchura entre 4 y 6  $\delta$ . Al mismo tiempo, empieza el avance de la disipación de calor en las piezas soldadas en dirección alrededor de la soldadura y en longitud que no representa más de 6 a 8  $\delta$  del plano de simetría de la soldadura y la soldadura principal puede ser realizada automáticamente, es decir, programando la máquina de soldar.

40

45

Para llevar a cabo la solución técnica según la invención fueron elaborados modelos de cubiertas soldadas de un grosor de 0,5 mm y un diámetro de 147 y 213 mm de acero inoxidable de la marca 08X18H10T. Los modelos de tubos con soldaduras de unión fueron fabricados por soldadura por arco pulsado con un electrodo no fundible en presencia de argón, nitrógeno e hidrógeno. La soldadura se realizó con una cabeza de soldar TIG. Los resultados alcanzados confirmaron la efectividad de la técnica y la rentabilidad de la solución según la invención.

50

55

La utilización del dispositivo según la invención proporciona la posibilidad real de conseguir estructuras soldadas del tipo contenedores cerrados en forma de camisas de revestimiento de paredes delgadas. Estas camisas de revestimiento de paredes delgadas terminadas y comprobadas, realizadas mediante el procedimiento según la invención presentada, confirman su alta eficacia y efectividad.

60

**Aplicaciones en la industria**

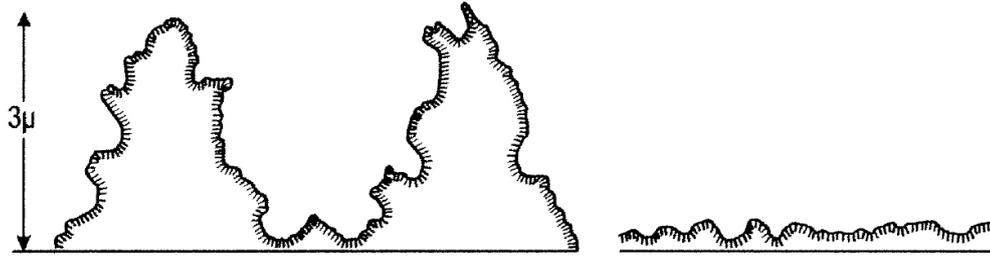
5 La invención se puede utilizar en técnicas cósmicas y aéreas y en ingeniería química en la construcción de contenedores de acero inoxidable, aleaciones de aluminio y otros materiales. Además de esto, la invención puede utilizarse para la elaboración de recipientes a presión y tuberías para la construcción, para el almacenamiento y para la preparación de medios líquidos y gases.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de unión de cubiertas de paredes finas por soldadura por fusión, incluyendo:
- la preparación de las caras frontales que han de ser unidas,
  - ajuste de las juntas en el dispositivo de centrado y
- 5 - fusión conjunta de las superficies frontales que han de ser unidas mientras un espacio de montaje se mantiene de forma provisional entre las superficies de las paredes frontales contiguas entre sí lo que es suficiente para llevar a cabo la soldadura, caracterizado así que
- en cada uno de las cubiertas que han de ser unidas por deformación plástica hay micro-protuberancias formadas por compresión del material en las superficies de las caras frontales que han de soldarse,
- 10 - el metal en las caras frontales que ha de ser deformado se mueve hacia la superficie interior de la cubierta y origina en él una banda circular interior,
- las cubiertas que han de ser unidas están situadas en un dispositivo de centrado en relación al diámetro exterior y la soldadura por puntos se realiza, en primer lugar, en el contorno en el plano de unión,
  - posteriormente se lleva a cabo continuamente la soldadura principal para formar una zona de fusión de una anchura de  $4 \delta$  y  $6 \delta$ , donde  $\delta$  es el grosor de la pared de la cubierta soldada en mm,
- 15 - mientras que la disipación de calor en las piezas que han de ser soldadas empieza a distancias que no sobrepasan  $8 \delta$  del eje de la junta,
- 20 2. Método según la reivindicación 1, donde la disipación de calor de las piezas que han de ser soldadas empieza a una distancia que no excede  $6 \delta$  del eje de la junta.
- 25 3. Método según la reivindicación 1 o 2, donde las micro-protuberancias se forman en las superficies de las caras frontales a ser soldadas por compresión cuyo tamaño es  $\Delta h = a \delta + b \delta^2 / R$  por medio de rodillos con un parámetro de rugosidad  $Ra \leq 0,16 \mu m$ , donde R es el radio en mm del revestimiento soldado y los coeficientes a, b son coeficientes constantes válidos para rangos  $\delta/R$  de 0,003 a 0,01, donde a yace entre 0,1 y 0,3 y b entre 0,075 y 0,375.
- 30 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la banda circular interior tiene un anillo de anchura entre  $0,5 \delta$  a  $1,5 \delta$  y un grosor de  $0,2 \delta$  y  $0,5 \delta$ .
- 35 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se lleva a cabo la soldadura por puntos con un electrodo haciendo un movimiento paso a paso en un paso de  $20 \delta$  a  $50 \delta$ .
- 40 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se lleva a cabo la deformación de las micro-protuberancias en la pared frontal y su compresión con una deformación radial limitada de la superficie lateral exterior de la cubierta de paredes delgadas adyacentes a la pared frontal.
- 45 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se lleva a cabo la deformación de las micro-protuberancias en la pared frontal y su compresión con un pulimiento simultaneo del rodillo en la superficie lateral de la cubierta de paredes delgadas asentada por fuera en la pared frontal.
- 50 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se lleva a cabo la deformación de las micro-protuberancias en la pared frontal con un rodillo de diámetro entre 4 y  $6 \delta$  y con un parámetro de dureza de material  $HRc > 65$ .
9. Método según la reivindicación 8, donde se lleva a cabo la deformación de las micro-protuberancias en la pared frontal con una fuerza de presión aplicada al rodillo de 200-300 N.
10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se lleva a cabo la soldadura por puntos en dos ciclos, mientras que el segundo ciclo es compensado en medio paso frente a la soldadura que ha sido realizada en el primer ciclo.
11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se originan bandas circulares de paredes finas en las superficies interiores de las cubiertas soldadas que tienen el mismo diámetro interior para cada uno de los productos semielaborados revestidos que han de ser soldados.

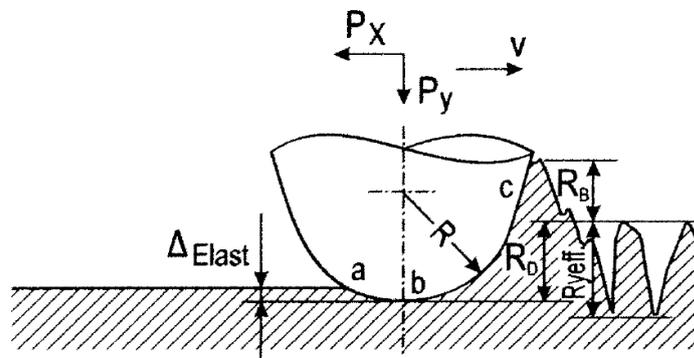
## ES 2 655 658 T3

12. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se originan bandas circulares de paredes finas en las superficies interiores de las cubiertas soldadas en ángulo no-recto de cada uno de los productos semielaborados revestidos que han de ser soldados.
- 5 13. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se conduce al punto de calentamiento del material en la superficie exterior e interior de las cubiertas soldadas un medio de gases protectores en diferentes composiciones.
- 10 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde después de producirse la deformación plástica y antes de proceder a la soldadura se limpia la superficie de las paredes frontales con algún disolvente.

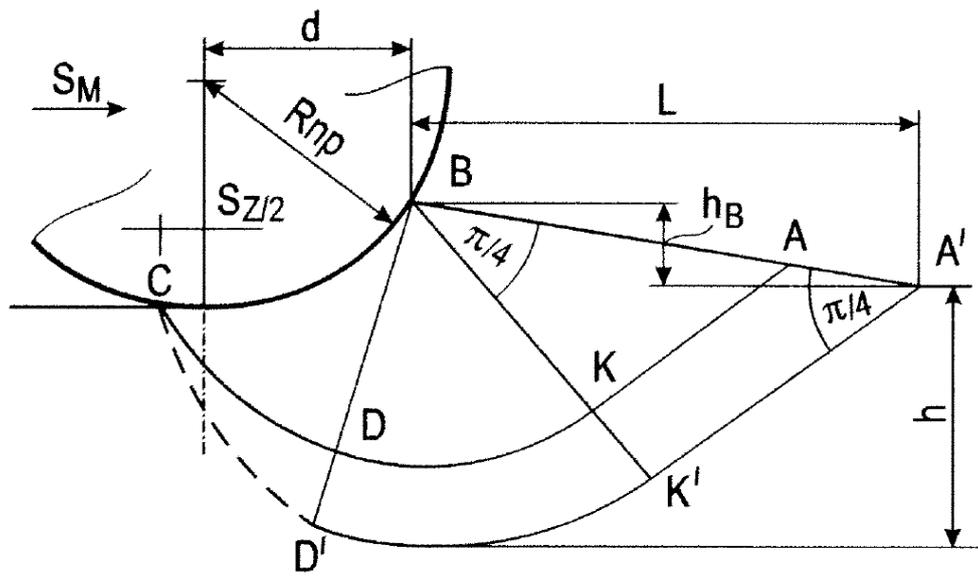


**Fig. 1**

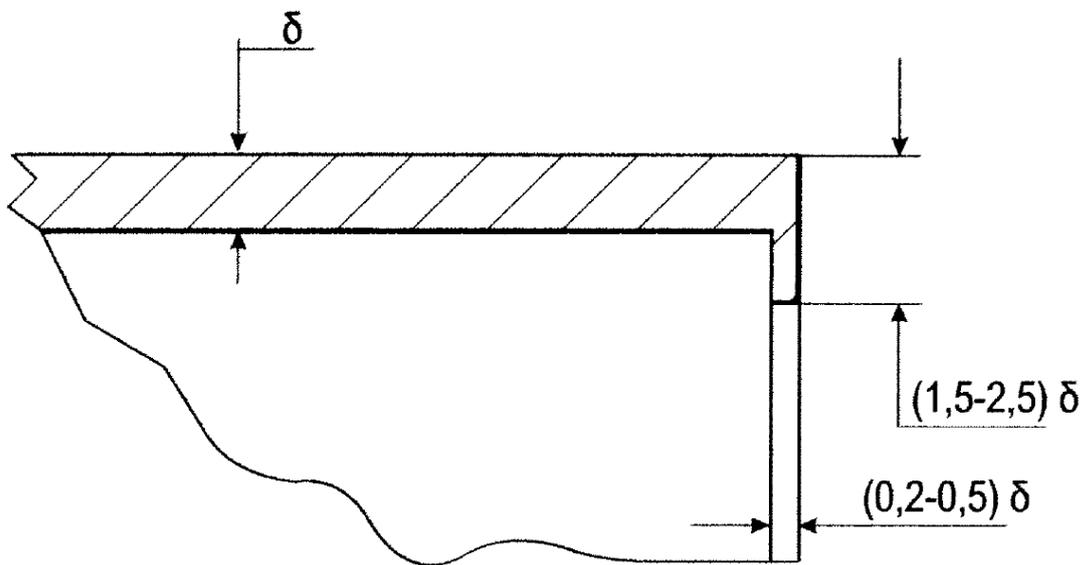
**Fig. 2**



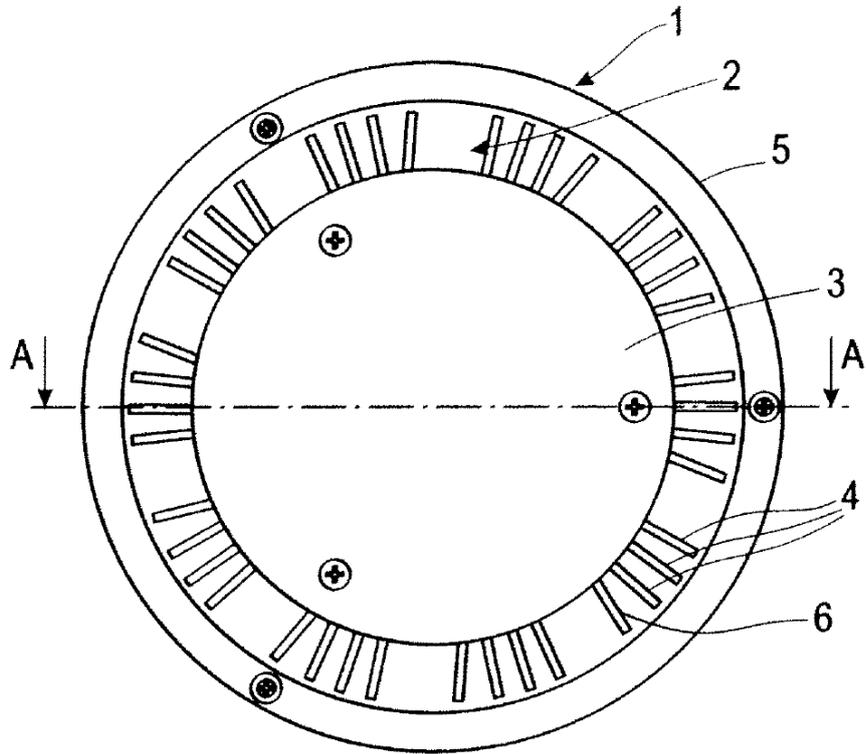
**Fig. 3**



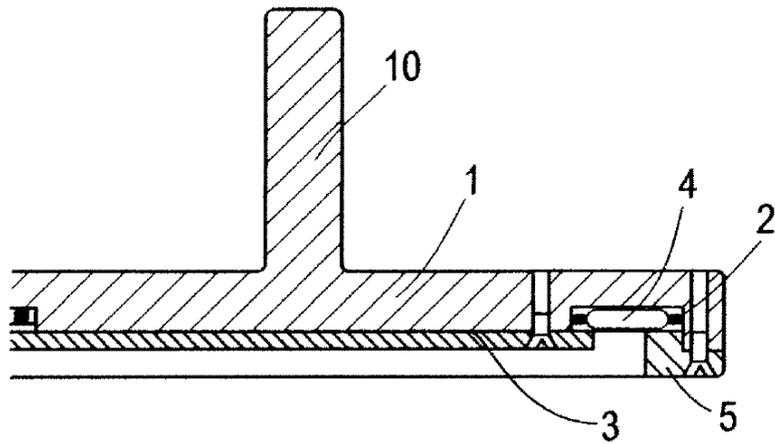
**Fig. 4**



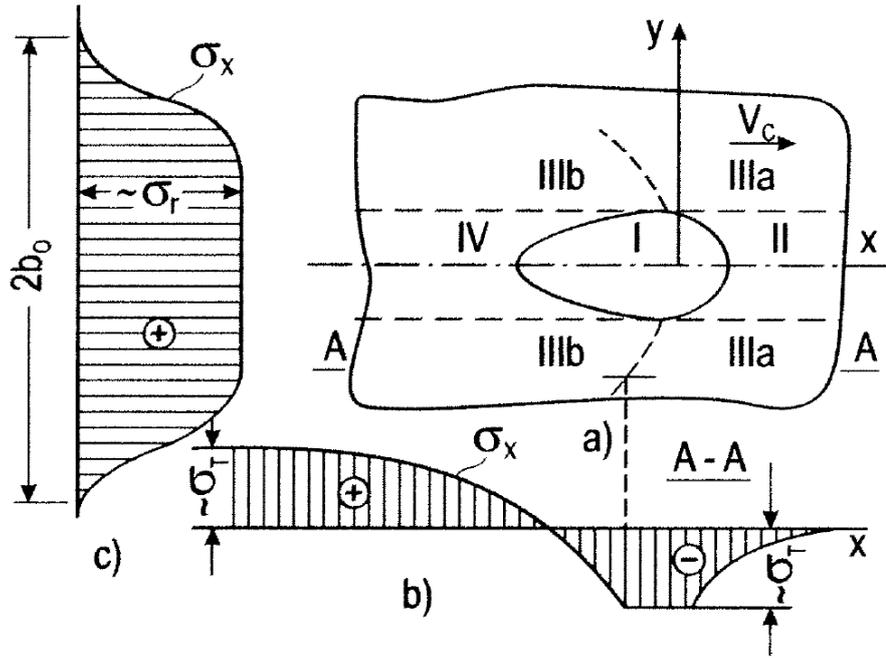
**Fig. 5**



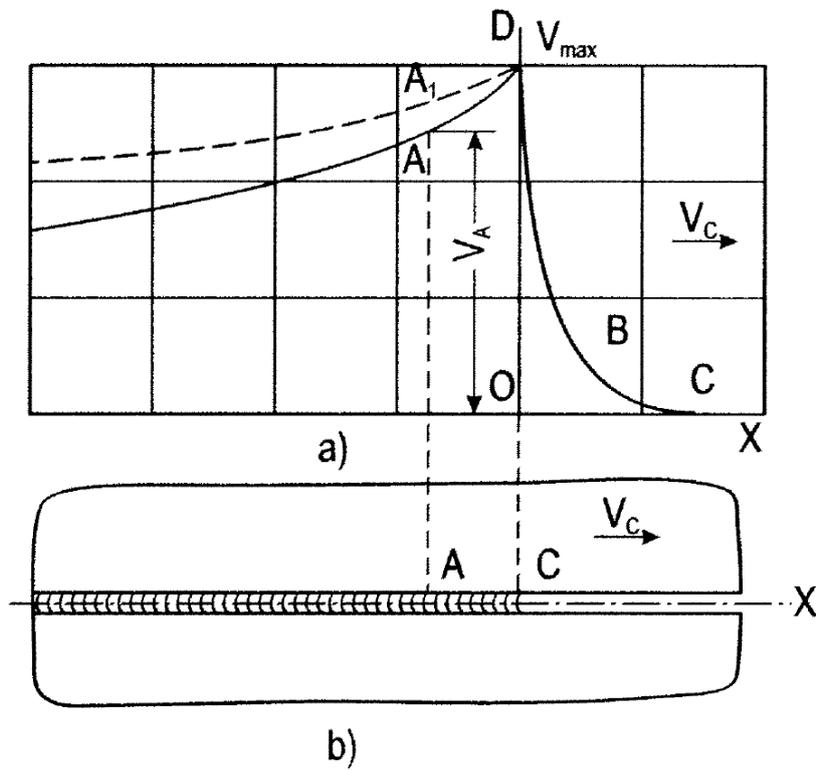
**Fig. 6**



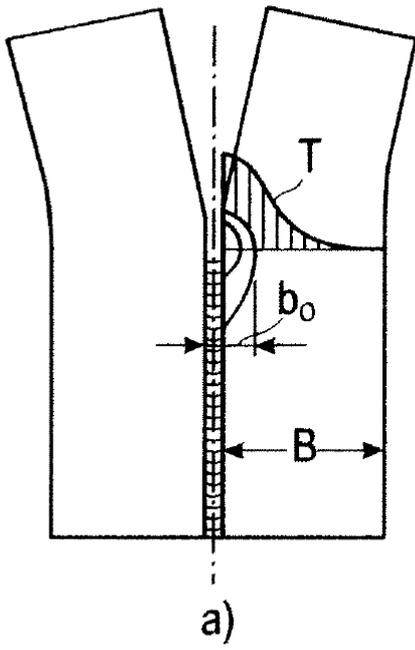
**Fig. 7**



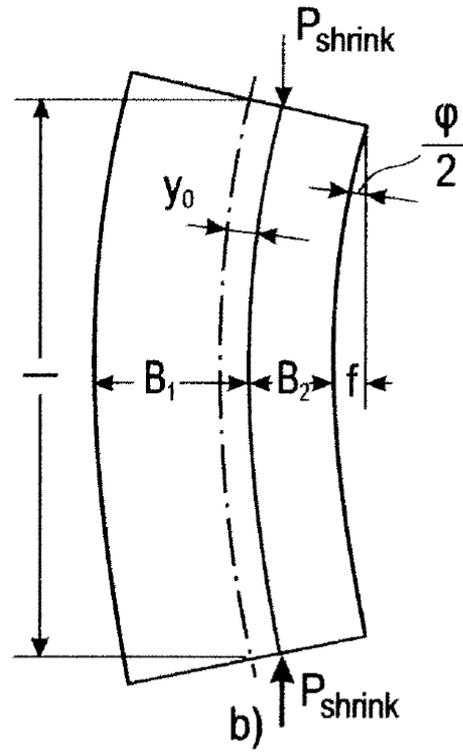
**Fig. 8**



**Fig. 9**



***Fig. 10***



***Fig. 11***