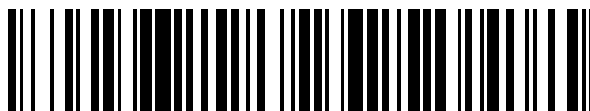


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 574**

51 Int. Cl.:

B23K 20/08 (2006.01)

B21D 26/08 (2006.01)

B21D 39/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.10.2014 PCT/NL2014/050711**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.04.2015 WO15057060**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2014 E 14790773 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 3057734**

54 Título: **Método para unir al menos dos partes de pieza de trabajo metálicas una a la otra por medio de un método de soldadura por explosión**

30 Prioridad:

14.10.2013 NL 2011608

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

27.07.2020

73 Titular/es:

**VOLKERWESSELS INTELLECTUELE EIGENDOM
B.V. (100.0%)
Podium 9
3826 PA Amersfoort, NL**

72 Inventor/es:

SCHOORL, PETRUS JOHANNES

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 775 574 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 para unir al menos dos partes de pieza de trabajo metálicas una a la otra por medio de un método de soldadura por explosión

5 La invención se refiere a un método para unir al menos dos partes de pieza de trabajo metálicas una a la otra por medio de soldadura por explosión.

10 Con el fin de impartir a las piezas de trabajo, por ejemplo tubos, una alta resistencia a la corrosión, las mismas son revestidas con una capa de acero altamente aleado. Las aleaciones de cromo - níquel son particularmente conocidas para este propósito.

15 Una capa protectora de este tipo se dispone tradicionalmente por medio de un proceso de soldadura por arco. Esto tiene el inconveniente significativo de que ambos materiales se fusionan, por lo que la aleación pierde algunas de sus propiedades. Además, la aleación tiende a separarse, lo que tiene un efecto adverso adicional sobre las propiedades. En un proceso tradicional de soldadura por arco, inevitablemente se produce una denominada tercera fase; una fase en la que ambos materiales se han mezclado y en la que se han producido por la separación carburos y cavidades que son porosas en cierta medida. Esta tercera fase y su proximidad generalmente se conocen como la Zona Afectada por el Calor (HAZ). Sin embargo, hay una fusión de ambos materiales al nivel de la red metalúrgica.

20 Una conexión de dos fases entre metales es ideal para retener las propiedades de ambos materiales. Aquí se crea una conexión metalúrgica en la línea de conexión de los dos materiales, al mismo tiempo que la metalurgia de los dos materiales no se ve afectada en ambos lados de esta línea. Es importante que realmente haya una conexión metalúrgica; las técnicas en el mercado, tales como la coextrusión y el revestimiento por rodillo, también pretenden lograr una conexión metalúrgica. Es mucho más el caso aquí en que los dos materiales están enredados sobre la superficie. En las pruebas de resistencia a la tracción en la línea de conexión, estas conexiones fallan muy por debajo del límite elástico de los dos materiales.

25 Sin embargo, una conexión de dos fases se produce a nivel metalúrgico por medio de una soldadura por explosión. En este proceso de soldadura, los dos materiales son presionados uno contra el otro bajo la presión extremadamente alta de una explosión progresiva.

30 Debido a que queda un espacio cuando se está preparando el proceso, el lado en el que se disponen los explosivos, después de la detonación de estos explosivos, tendrá algo de tiempo para acelerar y golpeará el material del otro lado a una velocidad muy alta. Debido a que la explosión es progresiva, los dos lados se golpean uno al otro en ángulo, por lo que el área del impacto es muy pequeña y, por lo tanto, el impacto es muy grande. Debido a que el aire presente en el espacio entre los dos materiales se desplaza a una velocidad muy alta, se crea una onda de presión que limpia las superficies metálicas y las calienta localmente fuertemente. De esta manera, se crea una conexión metálica entre los dos materiales en la posición del impacto.

35 Después de la explosión, el calor de la onda de presión será absorbido en el material circundante y solo habrá un aumento general muy pequeño en la temperatura del material. Un segundo factor que produce un aumento de la temperatura es el calor liberado cuando los explosivos se descomponen en gas. Esta es una reacción exotérmica que calentará el gas en el que se descompone el explosivo. Una parte de este gas también calentará indirectamente el acero. Sin embargo, las temperaturas que se producen en el material están muy por debajo del punto de fusión de los materiales, o incluso muy por debajo de las temperaturas a las que la red cristalina podría ser redistribuida (temperaturas de templado) en otro caso.

40 La línea de conexión que se produce entre los dos materiales por la soldadura por explosión, si se elige una holgura grande, exhibirá un patrón ondulado. Este patrón ondulado es causado por la detonación progresiva. Sin embargo, esta "onda" no es esencial para la conexión entre los dos materiales, e incluso en el caso de una línea plana habrá una conexión metalúrgica.

45 En el revestimiento de partes de piezas de trabajo que envuelven un espacio hueco, tal como en los tubos, es necesario evitar que el espacio hueco sea comprimido por la explosión de la soldadura por explosión.

50 La disposición de una superficie de impacto sólida en un espacio hueco no es una opción práctica. La experiencia ha demostrado que no existen tubos perfectamente redondos, y también que los tubos se suministran dentro de una tolerancia dimensional considerable. Por lo tanto, la disposición de una superficie de impacto sólida no es una opción debido a que una diferencia dimensional negativa entre el diámetro interior del tubo y el diámetro exterior de la superficie de impacto en el proceso será neutralizada por la deformación plástica del tubo. De este modo, el tubo se conformará alrededor de la superficie de impacto, con lo que no es inconcebible que la superficie de impacto ya no se pueda retirar del tubo.

55 La patente de los Países Bajos NL 1037426 del Solicitante muestra una técnica en la que el material granular está dispuesto en el volumen encerrado por un tubo. De hecho, este material es granito fracturado a un tamaño pequeño

que, debido a la forma angular de los granos, se une mecánicamente y forma pequeños compartimentos que posteriormente se llenan de agua. Una onda de presión se propagará a través del granito íntimamente compactado, aunque esto ocurre a una velocidad relativamente alta de 4500 m/s, y esto a su vez está muy por encima de la velocidad de propagación de la línea de colisión. Por lo demás, esta superficie de impacto solo es efectiva si está debidamente envuelta en el tubo por la pared del tubo y se tapa en ambos extremos exteriores. La conexión entre los granos solo tiene resistencia a la compresión y ninguna resistencia a la tracción; Por lo tanto, el confinamiento es esencial para evitar que las partículas de granulado se cizallen unas a lo largo de las otras. Debido a que la superficie de impacto tiene que estar envuelta adecuadamente para obtener un buen funcionamiento, solo se puede aplicar en el caso de partes de pieza de trabajo que permitan una contención completa. Existe la necesidad de una mayor libertad en la forma de las partes de pieza de trabajo para el revestimiento.

Un segundo inconveniente de esta técnica es que, debido a la adición de un volumen relativamente grande de granulado, un pequeño volumen de agua se introduce en el tubo. El calor liberado durante la descomposición del gas (explosión) será absorbido principalmente por el agua. Cuando se aplican cantidades bastante grandes de explosivos (es decir, en la fabricación de tubos de paredes gruesas y / o de gran diámetro), se formará vapor en el tubo. La expansión del mismo provoca una presión muy alta en el tubo que expulsará el cierre (tapas) en los extremos exteriores del tubo. Si se usa una tapa más resistente, la tapa será expulsada junto con el extremo del tubo.

Otro inconveniente es que las partículas granuladas dañan la pared interior de la pieza de trabajo.

La patente americana US 3.364.561 describe un método para unir al menos dos piezas metálicas de una composición metálica diferente una de la otra por medio de soldadura por explosión. El método descrito es particularmente adecuado para la conexión metalúrgica de las paredes de tubos metálicos orientados coaxialmente, en los que el tubo interior se llena con un líquido, preferiblemente con agua o una solución a base de agua. Debido a que el tubo interior es comprimido por la explosión del explosivo, el líquido presente en el mismo también es comprimido. Esto crea una onda de presión que aumenta localmente la presión en el tubo interior y empuja el tubo interior en una dirección hacia afuera, es decir, en la dirección opuesta a la fuerza ejercida sobre las paredes del tubo por el explosivo. Debido a la diferencia de densidad entre el tubo de metal y el líquido recibido en el mismo, la onda de sonido se propagará más rápidamente a través del tubo de metal que a través del líquido. Debido a la diferencia en la velocidad de propagación, el efecto deseado de igualar las fuerzas solo podrá tener lugar en un pequeño rango de una parte alargada de la pieza de trabajo, lo que hace que este método sea complejo e inadecuado para aplicaciones prácticas.

La patente americana US 3.740.826 describe un método para unir al menos dos piezas metálicas de una composición metálica diferente una de la otra por medio de soldadura por explosión, en la que se aplica un material termoplástico, tal como una mezcla de asfalto o brea de alquitrán. El material termoplástico se puede hacer temporalmente algo fluido al ser calentado, por lo que se puede disponer en un tubo. Al permitir o provocar posteriormente el enfriamiento de este material termoplástico, que se solidifica en una sustancia sólida a temperatura ambiente, una superficie de impacto adecuado para resistir las fuerzas de la soldadura por explosión se puede disponer temporalmente en un tubo. Los inconvenientes de este método son la mano de obra intensiva, el tiempo y la energía requerida para calentar, disponer y enfriar el material termoplástico antes de la soldadura por explosión, seguido por el recalentamiento después de la soldadura por explosión con el fin de poder eliminar la mezcla de asfalto. o el alquitrán. Además, el calentamiento y el enfriamiento conllevan el riesgo de un cambio indeseable (local) en la estructura metálica. La retirada de la mezcla de asfalto fluidificado o brea de alquitrán es particularmente laboriosa y existe una gran posibilidad de que queden restos de material solidificado. Debido a que la mezcla de asfalto o brea de alquitrán es solo fluida cuando está caliente, se requiere además cuidado durante la extracción.

La invención ahora tiene como objetivo proporcionar un método del tipo que se ha descrito más arriba para unir al menos dos piezas metálicas de una composición metálica diferente una de la otra por medio de soldadura por explosión, en el que los inconvenientes que se han indicado no se producen, o al menos lo hacen en menor medida.

El citado objeto se consigue de acuerdo con la invención con el método para unir al menos dos piezas metálicas de una composición metálica diferente una de la otra por medio de soldadura por explosión, que comprende los pasos de:

- envolver una parte de pieza de trabajo interior al menos parcialmente con una parte de pieza de trabajo exterior;
- disponer una capa de material explosivo alrededor de la parte de pieza de trabajo exterior; y
- detonar el material explosivo para lograr una conexión metalúrgica entre las dos partes de pieza de trabajo; y
- en el que durante la detonación del material explosivo, la parte de pieza de trabajo interior se llena por completo y / o está al menos parcialmente envuelta por una mezcla no newtoniana dilatante.

Las dos composiciones metálicas diferentes pueden ser, por un lado, dos metales de base diferentes, pero por otro lado también pueden ser dos metales de base que son el mismo pero de diferente calidad.

En mezclas dilatantes no newtonianas, la viscosidad aumenta por la influencia de un esfuerzo de cizallamiento, aunque no por la influencia del tiempo. Una vez que se haya liberado el esfuerzo de cizallamiento, la viscosidad volverá al valor inicial. Cuanto mayor sea la fuerza de cizallamiento, mayor será la viscosidad. La dilatación ocurre porque las partículas chocan unas con las otras debido a la acción del esfuerzo de cizallamiento con más frecuencia que sin este esfuerzo de cizallamiento. De esta manera las partículas comienzan a separarse y la viscosidad y el volumen aumentan. Por medio del uso de una mezcla no newtoniana, el método proporciona de esta manera una superficie de impacto que, por un lado, se adapta a la pieza de trabajo y que, por otro lado, en condiciones de proceso de soldadura por explosión, no muestra un comportamiento dinámico durante el aumento de presión de vida útil enormemente breve. Una vez que la presión ha disminuido de nuevo, la mezcla no newtoniana comenzará lentamente a comportarse nuevamente como líquido, por lo que se puede eliminar fácilmente de la pieza de trabajo.

Se obtienen varias ventajas significativas para la aplicación de soldadura por explosión usando una mezcla dilatante como superficie de impacto:

- la superficie de impacto se conforma a la pieza de trabajo y, por lo tanto, soportará toda la pieza de trabajo durante el proceso;
- la superficie de impacto no daña la pieza de trabajo, como es el caso, por ejemplo, cuando se usan granos sólidos como superficie de impacto de acuerdo con la patente de los Países Bajos NL 1037426;
- la superficie de impacto no afecta el proceso por ningún comportamiento dinámico; y
- no es necesario envolver la superficie de impacto para mantener su estabilidad durante la soldadura por explosión.

Un confinamiento únicamente para mantener la superficie de impacto en su lugar ya es suficiente.

Debido a que no es necesario envolver la superficie de impacto para retener su estabilidad durante la soldadura por explosión, una superficie de impacto formada por un líquido dilatante no newtoniano también es adecuada para revestir con soldadura por explosión una pieza de trabajo que no está envuelta de manera completamente simétrica por la detonación. El método de acuerdo con la invención, por lo tanto, también se puede aplicar a piezas de trabajo que no sean tubos redondos que deben ser revestidos sobre toda la periferia con otro tubo.

De acuerdo con una realización preferida, la mezcla no newtoniana dilatante aplicada tiene una baja viscosidad con un bajo esfuerzo de cizallamiento, de tal manera que se comporta como un líquido fácilmente vertible. De esta manera esta mezcla no newtoniana es fácil de disponer dentro y alrededor de una pieza de trabajo. Debido a la propiedad líquida, los contornos de la pieza de trabajo se siguen de cerca aquí, con lo que se rellenan todas las esquinas, huecos, juntas, etc. Debido a que la viscosidad vuelve al valor inicial después de la liberación de un esfuerzo de cizallamiento, una mezcla no newtoniana de este tipo es, además, fácil de eliminar completamente con posterioridad de la pieza de trabajo.

Aunque la aplicación de una mezcla no newtoniana dilatante también es adecuada cuando una parte de pieza de trabajo sustancialmente plana está parcialmente envuelta de ese modo, se obtiene una realización particularmente ventajosa del método cuando la parte de pieza de trabajo interior envuelve al menos un espacio hueco que está completamente lleno con la mezcla no newtoniana dilatante durante la soldadura por explosión.

Se aplica una mezcla respetuosa con el medio ambiente cuando, de acuerdo con una realización preferida adicional, la mezcla no newtoniana comprende al menos almidón de maíz y un líquido. El almidón de maíz, también conocido bajo el nombre comercial de maicena, es después de todo un producto natural, por lo que no hay impacto ambiental en el caso de derrames. El almidón de maíz es además barato y fácilmente disponible. El líquido imparte a la mezcla un comportamiento incompresible y, como resultado del comportamiento líquido, las cavidades se pueden llenar rápida y completamente.

Se hace notar que el líquido es en todo momento un líquido no inflamable, puesto que las temperaturas que se producen durante la soldadura por explosión en otro caso podrían provocar la combustión del líquido.

Debido a que, de acuerdo con una realización preferida adicional, la relación de almidón de maíz : líquido se encuentra en el intervalo de 1,5 : 1 a 2,5 : 1, se obtiene una mezcla no newtoniana dilatante en la que existe un equilibrio deseado entre el comportamiento como un líquido a bajo esfuerzo de cizallamiento y el comportamiento como sustancia sólida a altas tensiones de cizallamiento. Cuando se aplica menos almidón de maíz, la mezcla se deposita tan rápidamente que el uso se vuelve poco práctico en la soldadura por explosión. Por otro lado, con una mayor proporción de almidón de maíz, la mezcla se comportará de manera insuficientemente fluida para permitir que se disponga rápida y fácilmente en y alrededor de una pieza de trabajo.

Las pruebas han demostrado que en una relación de almidón de maíz : líquido de 2 : 1 se obtiene un equilibrio práctico entre el comportamiento líquido y sólido para el método de soldadura por explosión de acuerdo con la invención.

5 Debido a que, de acuerdo con una realización preferida, el líquido comprende agua, se aplica un líquido que se puede obtener en todas partes y que además es respetuoso con el medio ambiente.

De acuerdo con una realización preferida adicional, el líquido comprende al menos glicol o glicerol. El glicol (1,2 - etanodiol) y el glicerol (propano - 1,2,3 - triol) muestran un comportamiento más viscoso que el agua, por lo que durante la disolución de glicol o glicerol en agua y almidón de maíz se produce una mezcla que imparte una mayor resistencia a las partículas de almidón, por lo que se asentarán con menos rapidez.

Se prefiere el glicol al glicerol debido a que el glicol se mezcla más fácilmente con agua. Tanto el glicol como el glicerol tienen un punto de inflamación más alto que el punto de ebullición del agua. El calor de la explosión de esta manera en primer lugar evaporará el agua, por lo que mientras el agua se evapora, la temperatura permanecerá limitada a 100°C. Esto evita la posibilidad de combustión espontánea de la sustancia disuelta.

De acuerdo con todavía otra realización preferida, una o más sustancias sólidas se disuelven en el líquido, con lo que la densidad de la mezcla aumenta todavía más.

20 Cuando de acuerdo con una realización preferida, al menos la sal se disuelve como sustancia sólida en el líquido, además de un aumento en la densidad, el punto de ebullición y congelación también cambian. La mezcla se hace más adecuada para la aplicación a una temperatura ambiente más baja.

25 De acuerdo con todavía otra realización preferida, al menos el azúcar se disuelve como sustancia sólida en el líquido.

El método de acuerdo con la invención es particularmente adecuado para el revestimiento completo de un tubo metálico con una composición metálica diferente. De acuerdo con todavía otra realización preferida, la parte de pieza de trabajo interior comprende, por lo tanto, un tubo de metal lleno con la mezcla no newtoniana antes de la explosión.

Debido a que la parte de pieza de trabajo exterior está formada de acuerdo con otra realización preferida como una mitad de un tubo cortado a lo largo de su dirección longitudinal que tiene un radio de curvatura mayor que el radio de curvatura exterior de la parte de pieza de trabajo interior, se garantiza que ambas partes de pieza de trabajo se puedan disponer a una pequeña distancia intermedia una de la otra. Esta distancia es tal que la pieza de trabajo exterior puede acelerar lo suficiente como resultado de la explosión antes de que choque contra la pieza de trabajo interior.

40 De acuerdo con todavía otra realización preferida, la parte de pieza de trabajo interior comprende una sucesión de al menos dos tubos metálicos, y la parte de pieza de trabajo exterior se forma conectándose a la misma para formar una pared de una caldera de vapor tal como una pieza de trabajo montada después de la soldadura por explosión.

De acuerdo con todavía otra realización preferida, la distancia entre las partes de pieza de trabajo antes de la explosión se encuentra en el rango de 0,5 a 3 cm. La distancia exacta se selecciona de tal manera que la pieza de trabajo exterior pueda acelerar lo suficiente como resultado de la explosión antes de que choque contra la pieza de trabajo interior. La distancia de esta manera también depende del grosor de la pared y la ductilidad (deformabilidad), que juntas determinan el ángulo de impacto que produce la onda de presión. En el caso de un tubo con un grosor de pared de aproximadamente 1 cm, la distancia puede aumentar hasta varios centímetros, por ejemplo 2 cm.

50 Una realización particularmente ventajosa que requiere un volumen menos grande de mezcla no newtoniana dilatante como superficie de impacto se obtiene cuando el espacio hueco se llena parcialmente con una superficie de impacto sólida antes de llenarse con la mezcla no newtoniana dilatante, en la que la mezcla no newtoniana dilatante llena el espacio restante. Debido a que se necesita menos 'superficie de impacto líquida', se reduce el tiempo requerido para el llenado anticipado con mezcla no newtoniana dilatante y para su posterior descarga. Particularmente en el caso de diámetros de tubo más grandes, se puede lograr un ahorro considerable en el volumen requerido para la 'superficie de impacto líquida' al llenar parcialmente el espacio con una superficie de impacto sólida.

60 La invención también es adecuada para revestir una pieza de trabajo que consiste en una pluralidad de espacios huecos por medio de soldadura por explosión, por lo que una pared de una caldera de vapor puede ser revestida, por ejemplo, con un tipo diferente de metal.

Las realizaciones preferidas de la presente invención se explicarán adicionalmente en la descripción que sigue con referencia a los dibujos, en los que :

La figura 1 es una representación esquemática de un proceso de soldadura por explosión;
 la figura 2 es una vista en perspectiva y parcialmente recortada de una etapa inicial del método de acuerdo con la invención;
 la figura 3 es una vista en sección transversal de una etapa inicial del método en el que una parte de pieza de trabajo alternativa es revestida;
 la figura 4 muestra una vista de una etapa inicial para revestir un tubo; y
 la figura 5 es una vista en sección transversal de la situación que se muestra en la figura 4.

El principio de la soldadura por explosión se dilucida con referencia a la figura 1, en la que la parte de pieza de trabajo interior 2 está formada por una parte principal por encima de la cual se coloca una parte de revestimiento que funciona como parte de pieza de trabajo exterior 8 con una holgura 22. Una capa de material explosivo 14 está dispuesta en la parte superior del lado exterior 12 de la parte de revestimiento 8 remota de la parte principal 2.

El principio de la soldadura por explosión se basa en la parte de pieza de trabajo interior 2 (la parte principal) y la parte de pieza de trabajo exterior 8 (la parte de revestimiento) que entran en contacto una con la otra a una velocidad muy alta en un ángulo β .

La parte de revestimiento 8 se acelerará debido a la onda de presión de una explosión antes de golpear la parte principal 2 con un impacto muy grande. Con el fin de concentrar el impacto en un área pequeña, la parte de revestimiento 8 debe golpear la parte principal 2 en un ángulo.

Para los propósitos de aceleración, es necesaria una distancia entre la parte principal 2 y la parte de revestimiento 8. Esta distancia está formada por la holgura 22. La combinación del tamaño de la holgura 22 y la velocidad de propagación de la explosión determina el ángulo de impacto. La ductilidad de la parte de revestimiento 8 también influye aquí y se formará un patrón de onda en mayor o menor medida sobre la línea de unión 23.

Debido a que el aire presente entre las dos partes 2, 8 es desplazado porque esa holgura 22 es cerrada por la explosión, se produce una onda de presión considerable en este espacio que incrementa en gran medida la temperatura de las placas 2, 8 localmente y que limpiará las superficies 6, 10 exponiendo brevemente la microestructura. La ecuación de Boltzmann predice una temperatura de gas de 7270 grados kelvin a una velocidad de propagación de la explosión de 2500 m/s. Teniendo en cuenta que el acero se vuelve gaseoso a aproximadamente 3000 grados kelvin, pero también la baja entalpía del aire, se asume que la onda de presión es de importancia crucial.

Con respecto a los materiales que se deben soldar, se ha encontrado que la velocidad de propagación de la línea de colisión entre las dos placas 2, 8 debe estar por debajo de la velocidad del sonido en los materiales con el fin de conseguir una soldadura limpia. En virtud de esto, el proceso se mantendrá por debajo de la velocidad del sonido, por lo que el proceso de soldadura permanecerá libre de un estampido supersónico, que destruiría el proceso de soldadura.

La energía cinética del impacto entre las dos partes 2, 8 debe ser lo suficientemente grande para hacer que los materiales entren en una conexión a nivel atómico. Aquí es importante que la parte principal 2 esté soportada por una superficie de impacto estable 16 y, por lo tanto, no ceda bajo la presión de la explosión.

Para el revestimiento explosivo de, por ejemplo, una placa plana, la superficie del suelo puede cumplir como soporte esta función de superficie de impacto. Aunque habrá algo de 'retroceso' por la elasticidad de la superficie de impacto 16 y la parte principal 2 por lo que se puede producir el ángulo α de la figura 1, en el caso de una placa plana, sin embargo, esto se puede resolver utilizando un rodillo.

La figura 2 muestra una aplicación de un método en el que se proporciona una parte de pieza de trabajo interior tubular 2 por medio de soldadura por explosión con una parte de pieza de trabajo exterior 8 que forma una capa de revestimiento de acero de alta aleación. De acuerdo con la invención, la función de una superficie de impacto estable 16 se proporciona en la presente memoria descriptiva por medio de una mezcla no newtoniana 20 que está dispuesta en una bandeja 24. Por razones de claridad, la pared frontal de la bandeja 24 no se muestra en la figura 2. Esta mezcla 20 está dispuesta al menos en el volumen envuelto por la parte de pieza de trabajo tubular 2 y preferiblemente también está dispuesta alrededor de la parte inferior de la pared exterior 6 de la parte de pieza de trabajo interior 2.

La mitad superior para el revestimiento de la pared exterior 6 de la parte de la pieza de trabajo interior 2 sobresale por encima de la mezcla no newtoniana 20. Dispuesta a cierta distancia se encuentra una parte de pieza de trabajo exterior 8 por ejemplo, un acero de alta aleación. La holgura 22 se puede garantizar, por ejemplo, porque la parte de pieza de trabajo exterior 8 está provista de varias protuberancias que forman puntos de soporte (no mostrados) con los que la parte de pieza de trabajo exterior 8 se soporta sobre la pared exterior 6 de la parte de pieza de trabajo interior 2.

Dispuesta en la pared exterior 12 de la parte de pieza de trabajo exterior 8, hay un material explosivo 14 que, de acuerdo con el principio de soldadura por explosión que se ha descrito con referencia a la figura 1, puede hacer que la parte exterior 8 choque contra la parte de pieza de trabajo interior 6, lo que da como resultado la conexión metalúrgica deseada entre las dos partes de pieza de trabajo 2, 8.

La figura 3 muestra cómo se aplica el método de acuerdo con la invención con el propósito de revestir una pieza de trabajo compleja, tal como una parte de pared 26 de caldera de vapor, en un solo paso. En la realización que se muestra, esta parte de pared 26 de caldera de vapor comprende dos partes de tubo 28 entre las cuales se encuentra una conexión intermedia 30. Dispuestas a cada lado están las bridas 32 con las que una pluralidad de tales partes de pared 26 de caldera de vapor pueden ser conectadas unas a las otras. El método de acuerdo con la invención, por lo tanto, también es adecuado para piezas de trabajo que no son simétricas rotacionalmente.

Las figuras 4 y 5 muestran cómo es posible el revestimiento explosivo integral de un tubo. Debido a que la carga explosiva está dispuesta en el lado exterior, la fuerza dirigida hacia adentro (onda de presión) de la explosión se utilizará para la soldadura.

Las dos partes de pieza de trabajo 2, 8 se insertan una dentro de la otra en forma de tubo, en la que la parte de pieza de trabajo interior 2 funciona como parte principal y en la que la parte de pieza de trabajo exterior 8 funciona como parte de revestimiento. El tubo que forma la parte de pieza de trabajo exterior 8 tiene un diámetro interior mayor que el diámetro exterior del tubo que forma la parte de pieza de trabajo interior 2. La mitad de la diferencia entre estos diámetros forma la holgura 22 entre la pared exterior 6 de la parte de pieza de trabajo interior 2 y la pared interior. 10 de la parte de pieza de trabajo exterior 8.

En la sección transversal de la figura 5 se muestra cómo las partes de pieza de trabajo tubulares 2, 8 están centradas en la parte superior e inferior utilizando respectivamente un anillo de separación superior 34 y un anillo de separación inferior 36. La onda de presión durante la explosión centrará todavía más las partes de pieza de trabajo tubulares 2, 8.

La parte de pieza de trabajo interior tubular 2 está llena de un material que es resistente a los impactos y, por lo tanto, forma una superficie de impacto estable 16. Usada para este propósito de acuerdo con la invención hay una mezcla no newtoniana dilatante 20. Esta mezcla no newtoniana dilatante 20 es por un lado, suficientemente líquida para al menos ser vertida y llenar el volumen envuelto por la parte de pieza de trabajo 2. Durante una explosión, la mezcla no newtoniana dilatante 20 funcionará como la superficie de impacto estable 16, mientras puede fluir posteriormente fuera de la parte de pieza de trabajo interior 2 otra vez como mezcla líquida. El anillo de separación inferior 36 también funciona como una tapa de cierre que cierra el espacio hueco encerrado por la parte de pieza de trabajo interior 2 en el lado inferior, por lo que la mezcla no newtoniana dilatante 20 llena este espacio hueco cerrado y puede funcionar allí como la superficie de impacto 16.

El conjunto de las dos partes tubulares de la pieza de trabajo 2, 8 está centrado en un manguito 38 que determina de esta manera el grosor de la capa de la carga explosiva 14.

Se coloca un iniciador 40 con una carga de iniciación 42 sobre el lado superior para iniciar de forma remota la detonación del material explosivo 14 dispuesto alrededor de la parte de pieza de trabajo exterior 8. Durante la explosión, la onda de presión centrará todavía más las partes de pieza de trabajo tubulares 2, 8.

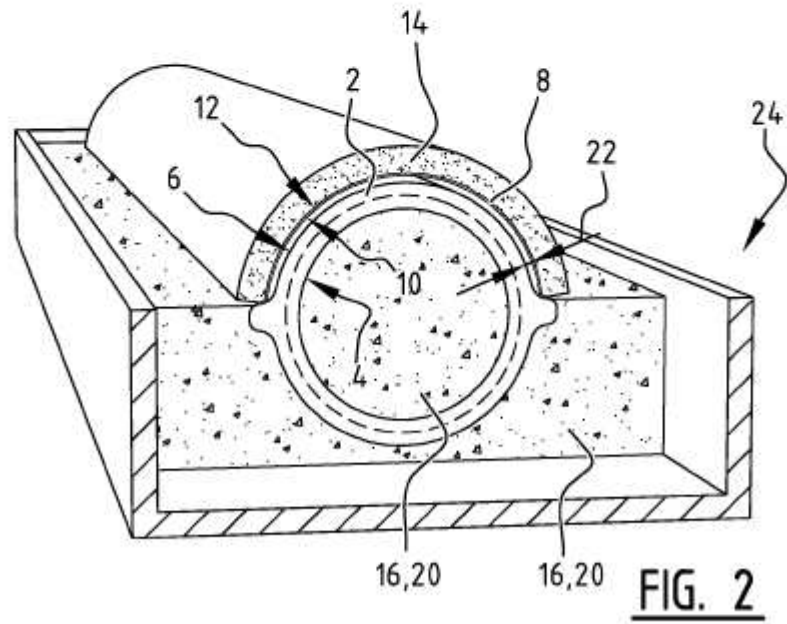
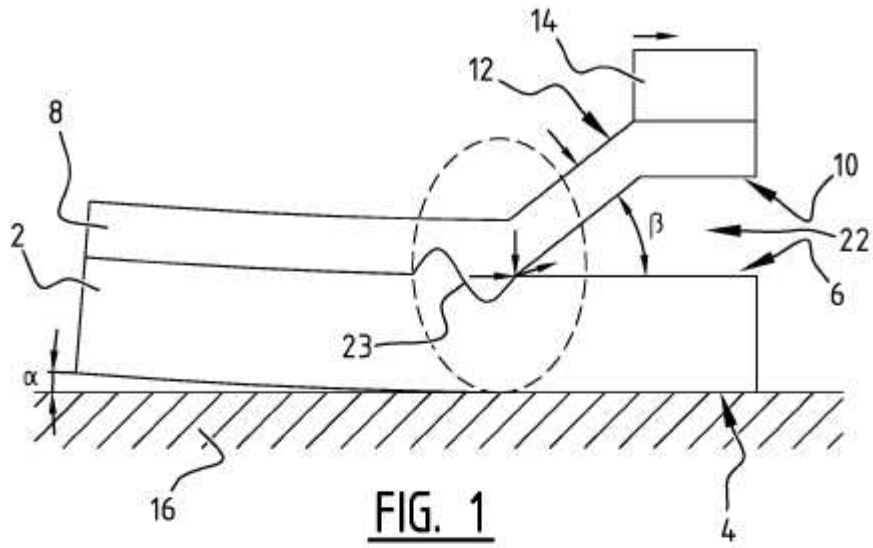
Como se muestra en la figura 4, los tubos se pueden suspender verticalmente. Todo el conjunto cuelga separado del suelo con un espacio libre tal que el tubo 2 para el revestimiento, que inevitablemente será expulsado axialmente por el explosivo 14, solo golpea el suelo cuando se ha completado todo el proceso de soldadura. El proceso de soldadura se ejecuta a una velocidad de aproximadamente 2500 m/s a lo largo de una longitud de tubo de 6.000 mm y por lo tanto requiere 2,4 mseg; la experiencia ha demostrado que una longitud libre entre el tubo y el suelo de 500 mm es suficiente para este propósito.

Cuando una serie de tubos están suspendidos, los tubos individuales están suspendidos preferiblemente verticalmente de un cable a una distancia mutua de aproximadamente 3 metros, y los iniciadores se disponen con un retraso de tiempo sucesivo de 5 ms.

Aunque muestran realizaciones preferidas de la invención, las realizaciones que se han descrito más arriba están destinadas únicamente a ilustrar la presente invención y no a limitar el alcance de la invención de ninguna manera. Cuando las medidas en las reivindicaciones van seguidas por números de referencia, los citados números de referencia solo sirven para contribuir a la comprensión de las reivindicaciones, pero de ninguna manera limitan el alcance de la protección. Se hace notar en particular que la persona experta puede combinar medidas técnicas de las diferentes realizaciones. Los derechos descritos están definidos por las reivindicaciones que siguen, dentro del alcance de las cuales se pueden prever muchas modificaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para unir al menos dos partes de pieza de trabajo metálicas (2, 8) de una composición metálica que difiere una de la otra por medio de soldadura por explosión, que comprende los pasos de :
- envolver una parte de pieza de trabajo interior (2) al menos parcialmente con una parte de pieza de trabajo exterior (8);
 - disponer un capa de material explosivo (14) alrededor de la parte de pieza de trabajo exterior (8); y
 - detonar el material explosivo (14) con el fin de lograr una conexión metalúrgica entre las dos partes de pieza de trabajo; y
 - en el que, durante la detonación del material explosivo (14), la parte de pieza de trabajo interior (2) se llena por completo y / o está al menos parcialmente envuelta por una mezcla no newtoniana (20);
- 10
- 15 **caracterizado en que** la citada mezcla no newtoniana (20) es una mezcla no newtoniana dilatante.
- 20 2. Método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la parte de pieza de trabajo interior (2) envuelve al menos un espacio hueco que se llena completamente con la mezcla no newtoniana dilatante (20) durante la soldadura por explosión.
- 25 3. Método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla no newtoniana dilatante (20) comprende al menos almidón de maíz y un líquido.
4. Método como se reivindica en la reivindicación 3, en el que la relación de almidón de maíz : líquido se encuentra en el intervalo de 1,5 : 1 a 2,5 : 1.
5. Método como se reivindica en la reivindicación 3 o 4, en el que la relación de almidón de maíz : líquido es 2 : 1.
6. Método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el líquido comprende agua.
- 30 7. Método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que el líquido comprende al menos glicol o glicerol.
8. Método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, en el que una o más sustancias sólidas están disueltas en el líquido.
- 35 9. Método como se reivindica en la reivindicación 8, en el que al menos una sal está disuelta en el líquido.
10. Método como se reivindica en la reivindicación 8 o 9, en el que al menos un azúcar está disuelto en el líquido.
- 40 11. Método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la parte de pieza de trabajo interior comprende un tubo de metal (2) lleno de la mezcla no newtoniana dilatante (20) antes de la explosión.
- 45 12. Método como se reivindica en la reivindicación 11, en el que la parte de pieza de trabajo exterior (8) está formada como una mitad de un tubo cortado en dirección longitudinal que tiene un radio de curvatura mayor que el radio de curvatura exterior de la parte de pieza de trabajo interior (2).
- 50 13. Método como se reivindica en la reivindicación 11 ó 12, en el que la parte de pieza de trabajo interior (2) comprende una sucesión de al menos dos tubos metálicos (28) entre los cuales se encuentra una conexión intermedia (30), y la parte de pieza de trabajo exterior (14) está formada conectándose a la misma con el fin de formar una pared después de la soldadura por explosión.
14. Método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la distancia entre las partes de pieza de trabajo antes de la explosión se encuentra en el rango de 0,5 a 3 cm.
- 55 15. Método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 2 a14, en el que el espacio hueco se llena parcialmente con una superficie de impacto sólida antes de llenarse con la mezcla no newtoniana (20), en el que la mezcla no newtoniana dilatante (20) llena completamente el espacio restante



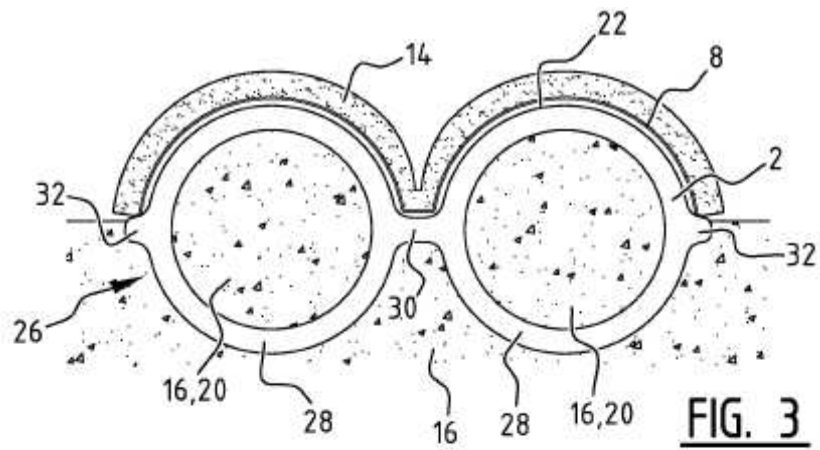


FIG. 3

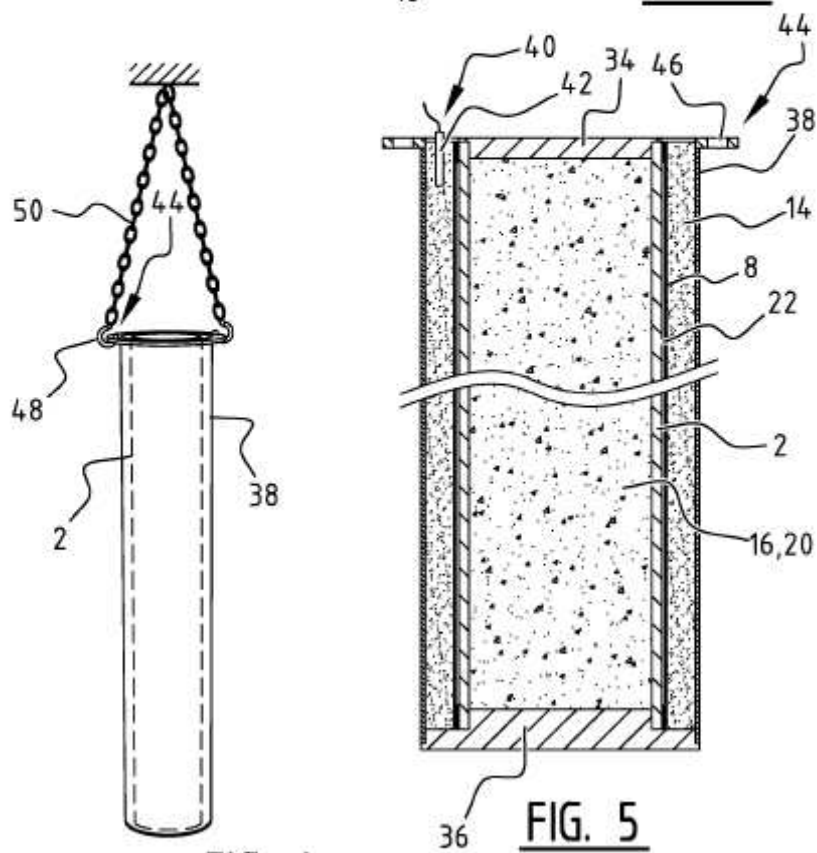


FIG. 4

FIG. 5