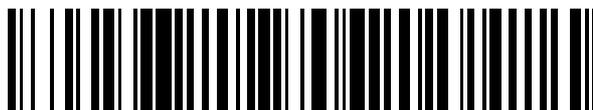


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 852**

51 Int. Cl.:

B22D 19/00	(2006.01) C22C 37/04	(2006.01)
B22D 19/10	(2006.01) F01D 25/00	(2006.01)
B22D 19/04	(2006.01) C21C 1/10	(2006.01)
B23P 6/04	(2006.01)	
B23K 25/00	(2006.01)	
B22D 23/06	(2006.01)	
C21D 1/10	(2006.01)	
B22D 23/10	(2006.01)	
B22D 25/02	(2006.01)	
C22C 33/10	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2011 PCT/CN2011/084063**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **20.06.2013 WO13086721**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2011 E 11877517 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017 EP 2790854**

54 Título: **Método para reparar defectos en piezas de trabajo de fundición de hierro y un método of conexión de piezas de trabajo de fundición de hierro**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.03.2018

73 Titular/es:
**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:
ZHANG, HONG WEI

74 Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

ES 2 657 852 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 reparar defectos en piezas de trabajo de fundición de hierro y un método de conexión de piezas de trabajo de fundición de hierro

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere generalmente a un método de reparación de defectos en piezas de trabajo de fundición de hierro y un método de conexión de piezas de trabajo de fundición de hierro, así como a piezas de trabajo de fundición de hierro que se reparan o conectan.

Antecedentes de la invención

- 10 En la producción de piezas de trabajo de fundición de hierro, es decir, piezas coladas a partir de fundición de hierro, y especialmente piezas coladas relativamente grandes, es muy difícil tener una pieza de trabajo perfecta sin soldadura de acabado o soldadura de reparación adicional tras el proceso de colado. Ejemplos de tales piezas coladas grandes incluyen bujes para turbinas eólicas actuales, que pueden pesar más de 10 toneladas y tener un diámetro de más de 5 metros y que se componen habitualmente por fundición de hierro de grafito esferoidal basado en ferrita que tiene tanto buena ductilidad como buena resistencia a fatiga. Rechupes que aparecen al retirar o cortar las mazarotas o piqueras son los defectos más frecuentes encontrados en las piezas de trabajo de fundición de hierro de grafito esferoidal. Hay muchas causas de los defectos. Por ejemplo, el enfriamiento de mazarotas y piqueras es mucho más rápido que el de la pieza de trabajo en volumen, y por tanto provoca una alimentación insuficiente; y la expansión del molde de arena puede provocar que haya hierro fundido insuficiente en las mismas, etc. Defectos adicionales incluyen porosidad por gases y escorias etc. Todos estos defectos se producen particularmente en piezas de trabajo de paredes gruesas.

Los requisitos estructurales para tales piezas coladas grandes son habitualmente muy críticos debido a las fuertes cargas que necesitan soportar, debido a que cualquier defecto pequeño en la fundición de hierro puede reducir la resistencia a fatiga y provocar su fallo antes de su vida útil de diseño.

- 25 Por ejemplo, en la industria eólica actual, muchos de los componentes estructurales utilizados en turbinas eólicas son piezas de trabajo de paredes gruesas, la mayoría de defectos detectables tales como rechupes y escorias a menudo surgen de manera inesperada, y llevando generalmente a el rechazo de estas piezas de trabajo.

- 30 Desafortunadamente, la fundición de hierro es menos soldable que el acero colado debido a que el acero contiene más carbono que el hierro, que se introducirá en el baño de fusión y aumentará el contenido de carbono en las masas fundidas y producirá carburo no deseado durante la solidificación posterior. El proceso de soldadura de reparación habitual para acero, por tanto, no está disponible para una fundición de hierro. Se requieren extremo cuidado y habilidad especial durante la soldadura de piezas de trabajo de fundición de hierro debido a que las soldaduras son propensas a la rotura.

- 35 Durante el proceso de colada habitual, el carbono se disuelve en el hierro fundido a alta temperatura y se combina con ferrita a baja temperatura. Ya que el hierro fundido se enfría y solidifica lentamente en un molde de arena, hay suficiente tiempo para la transformación de fase estable. El producto de la transformación de fase es normalmente la ferrita o base de perlita distribuida con el grafito. Sin embargo, durante un proceso de soldadura, incluso aunque las piezas de trabajo pueden precalentarse a alta temperatura antes de la soldadura o mediante el uso de un aislante térmico, aún es difícil retardar la solidificación rápida de las masas fundidas en el baño de fusión y dar tiempo suficiente para la segregación de grafito adecuada. Esto da como resultado la formación de carburo o martensita y por tanto reduce la ductilidad de soldaduras drásticamente. El tamaño de baño de fusión es demasiado pequeño para retardar la solidificación rápida de las masas fundidas.

- 45 La soldadura de reparación actual es problemática cuando se aplica sobre piezas de trabajo de fundición de hierro debido a la tensión potencial provocada y roturas potenciales en las soldaduras. Un tratamiento térmico posterior a la soldadura, que se requiere normalmente para aliviar la tensión y mejorar la ductilidad, habitualmente no es posible para piezas coladas grandes tales como el buje de turbina eólica mencionado anteriormente. Esto da como resultado un coste alto de piezas de trabajo de fundición de hierro debido a que un porcentaje importante de las mismas no puede usarse debido a defectos de colada.

- 50 En el documento US4068111 se describe una técnica de reparación en la que un defecto en una pieza colada se repara mecanizando para formar una cavidad, en la que una escoria fundida se introduce y calienta por medio de un electrodo de carbono, seguido por un proceso de electroescorias en el que se introduce un electrodo consumible. La cavidad se rodea por un anillo superficial para restringir el material fundido.

En el documento US7047612 un componente colado dañado se repara vertiendo un material fundido sobre el componente precalentado, y calentando durante un periodo corto predeterminado.

Sumario de la invención

La presente invención es, al menos parcialmente, para superar las ventajas e inconvenientes anteriores de la técnica anterior y proporcionar un método para reparar piezas de trabajo de fundición de hierro de manera satisfactoria.

5 El objeto anterior, junto con otros muchos objetos, ventajas y características, se harán evidentes a partir de la siguiente descripción, se cumple por una solución según la presente invención mediante un método de reparación de un defecto en una pieza de trabajo de fundición de hierro, que incluye: mecanizar la pieza de trabajo en la zona del defecto para retirar el material defectuoso y formar una abertura de cámara en una superficie de la pieza de trabajo; anclar un receptáculo a la pieza de trabajo por encima de la cámara, el receptáculo está dotado de un orificio en comunicación con la cámara; añadir hierro fundido al interior del receptáculo de manera que al menos parte del mismo fluye al interior de la cámara; añadir agente de escoriación al interior del receptáculo; calentar el agente de escoriación y el hierro fundido con un electrodo; añadir agente de nodulación en el hierro fundido para segregar grafito; y permitir que el hierro fundido y la pieza de trabajo se enfríen lentamente.

10 Generalmente hablando, una fundición de hierro tiene un alto contenido de carbono y, por tanto, tiene un rendimiento pobre a soldadura, ya que la soldadura puede provocar solidificación blanca (es decir Fe_3C en lugar de ferrita y grafito esférico separado) y fragilización en la zona de soldadura. Usando el método anterior, tanto la pieza de trabajo de base como la zona soldada puede tener la misma microestructura, es decir ferrita y grafito esférico segregado, y por tanto tener el mismo rendimiento. Defectos microscópicos tales como un defecto a nivel de micras en la zona de soldadura puede eliminarse también de manera que puede potenciarse la resistencia a fatiga de la pieza de trabajo.

15 La técnica descrita anteriormente también tiene aplicabilidad para la conexión de dos piezas de trabajo de fundición de hierro entre sí. Esto es un aspecto adicional de la invención, en el que un método de conexión de dos piezas de trabajo de fundición de hierro entre sí incluye: juntar las dos piezas de trabajo de fundición de hierro de manera que superficies adyacentes que van a soldarse definen una cámara entre las mismas y fijar las dos piezas de trabajo de fundición de hierro en una posición deseada; anclar un receptáculo a al menos una de las dos piezas de trabajo de fundición de hierro por encima de la cámara, el receptáculo está dotado de un orificio para estar en comunicación con la cámara; añadir hierro fundido al interior del receptáculo de manera que al menos parte del mismo fluye al interior de la cámara; añadir agente de escoriación al interior del receptáculo; calentar el agente de escoriación y el hierro fundido con un electrodo; añadir agente de nodulación en el hierro fundido para segregar grafito; y permitir que el hierro fundido y las piezas de trabajo se enfríen lentamente. En una realización, al menos una de las dos piezas de trabajo de fundición de hierro se mecaniza en su superficie que va a soldarse para definir la cámara.

20 Las demandas de la industria actual requieren piezas de trabajo de fundición de hierro cada vez más grandes. Por ejemplo, en el campo de tamaño de las turbinas eólicas de servicios de piezas coladas de buje pasan a ser más grandes cada vez a medida que los megavatios de salida de turbina aumentan, por ejemplo, hasta diversos metros de diámetro. Considerando la dificultad de tener una pieza colada grande perfecta de una sola vez, se ha considerado dividir la pieza colada grande en diversas piezas coladas más pequeñas y se han conectado por medio de pernos y similares. Sin embargo, concentración de tensiones y altos requerimientos para pernos son otro desafío que los expertos necesitan afrontar. La técnica descrita anteriormente puede aplicarse para juntar dos o más piezas de trabajo de fundición de hierro entre sí.

25 El enfriamiento puede realizarse a través de un intercambiador de calor de material con el entorno, o puede ralentizarse mediante la aplicación de calor con el fin de segregar grafito. El electrodo anterior puede usarse para ralentizar la velocidad de enfriamiento.

30 Según un aspecto de la invención, la etapa de añadir agente de nodulación en el hierro fundido puede incluir insertar en el hierro fundido un tubo de alimentación que contiene un cable en el mismo.

35 El agente de nodulación puede ser magnesio o una aleación de magnesio y tierras raras. Alternativamente, cerio, telurio e itrio, etc. puede usarse también. El tubo está compuesto por un material refractario, tal como Al_2O_3 , para proteger el agente de nodulación en el mismo.

40 Según una realización de la invención, la etapa de añadir hierro fundido incluye tener un electrodo de fundición de hierro consumible fundido en la cámara y la cubeta.

45 El hierro fundido tiene preferiblemente la misma composición química o similar que la de la pieza de trabajo de fundición de hierro que va que va a repararse/soldarse. Esto permite un mejor rendimiento de la pieza de trabajo final.

50 El proceso de conexión de dos piezas de trabajo de fundición de hierro puede incluir anclar una placa inferior alineada con una capa refractaria a las dos piezas de trabajo de fundición de hierro para cerrar un lado del espacio entre las dos piezas de trabajo de fundición de hierro, con el fin de contener el hierro fundido.

55 Las piezas coladas con las que la invención se centra principalmente son piezas coladas de fundición de hierro grafitica y especialmente fundición de hierro esferoidal o fundición de hierro nodular.

Esta invención beneficiará industrias de fundición u otros fabricantes industriales que usan piezas de trabajo de

fundición de hierro grandes. La invención es de beneficio particular en el campo de turbinas eólicas de servicios, debido a que determinados componentes estructurales para turbinas eólicas se componen por la fundición de hierro de grafito esferoidal basada en ferrita. Un ejemplo del grado usado habitualmente de fundición de hierro de grafito esferoidal es EN-GJS-400-18U-LT que muestra tanto buena ductilidad como buena resistencia a fatiga. Por ejemplo, la pieza de trabajo de fundición de hierro que va a repararse puede ser un buje o parte de buje para una turbina eólica actual, y las piezas de trabajo de fundición de hierro que van a soldarse pueden ser partes de buje para una turbina eólica actual. Al aumentar la resistencia a fatiga del buje, el peso de diseño del buje puede reducirse y puede prolongarse la vida de la turbina eólica.

Breve descripción de los dibujos

- 10 La invención y sus muchas ventajas se describirán en más detalle a continuación con referencia a los dibujos esquemáticos que acompañan que, con el fin de ilustrar, muestran algunas realizaciones no limitativas y en las que la figura 1 es una vista en sección transversal de una colada defectuosa;
- la figura 2 ilustra un diagrama de flujo de la reparación de un defecto en la colada;
- la figura 3 ilustra el ajuste de una cubeta en el defecto;
- 15 la figura 4 ilustra la adición de hierro fundido dentro de la cubeta y la cámara;
- la figura 5 ilustra la adición de agente de escoriación dentro de la cubeta;
- la figura 6 ilustra el calentamiento del agente de escoriación y el hierro fundido mediante un electrodo;
- la figura 7 ilustra el procedimiento de nodulación;
- la figura 8 ilustra la colada reparada; y
- 20 la figura 9 muestra la conexión de de dos piezas de trabajo de fundición de hierro.

Todos los dibujos son esquemáticos y no necesariamente a escala, y muestran sólo aquellas partes necesarias para esclarecer la invención, omitiéndose o simplemente sugiriéndose otras partes.

Descripción detallada de las realizaciones

25 En el presente documento se describen métodos de reparación para piezas de trabajo de fundición de hierro. En la siguiente descripción, se explican numerosos detalles para proporcionar una explicación más completa de la presente invención. Será evidente, sin embargo, para un experto en la técnica, que la presente invención puede ser practicada sin estos detalles específicos.

30 La figura 1 ilustra una pieza colada de base 1 con un defecto ilustrado esquemáticamente en la misma. El defecto puede tomar una variedad de formas tales como porosidad por gases, defecto de contracción, mal moldeado, cierre frío, inclusión, etc. Existen muchas maneras no destructivas de detectar todo este tipo de defectos, tales como detección de defectos ultrasónica, prueba radiográfica, prueba de partículas magnéticas, prueba penetrante o prueba de corrientes parásitas, tal como se conoce en el campo por expertos en la técnica.

Después de que se confirme el defecto y se repare, se seguirá el procedimiento ilustrado en la figura 2 para reparar la pieza de trabajo.

35 Tal como se indica en la etapa S101, la pieza de trabajo se mecaniza en la ubicación del defecto, tal como taladrado, para formar una cámara 2 abierta en la superficie, tal como se muestra en la figura 1. El defecto se retira en tal medida que la cámara 2 tiene una superficie sin defectos, más o menos lisa y redondeada, tal como se conoce en el campo.

40 En la etapa S102, un receptáculo en la forma de una cubeta 3 se ajusta a la cámara 2 para alojar hierro fundido 4 (véase la figura 4) en las siguientes etapas, tal como se muestra en la figura 2. La cubeta 3 está principalmente formada de material resistente (refractario) a temperaturas extremadamente altas, tal como grafito cristalino y arcilla, y puede usarse cualquier tipo de crisol disponible o sus equivalentes usados en campo de pieza colada. La cubeta 3 está dotada de un orificio 31 en su parte inferior para estar en comunicación con la cámara 2. Dependiendo de la orientación y la posición del defecto en la pieza de trabajo, el orificio 31 puede estar también en otros sitios en la cubeta 3, tal como en su lateral.

45 La cubeta 3 puede anclarse en la pieza colada de base 1 sobre el defecto por medio de soldadura etc. Ya que la cubeta 3 está hecha principalmente de material refractario, tal como grafito cristalino y arcilla, que no son adecuados para recibir directamente una junta soldada, una estructura especial para la misma también se sugiere en el presente documento. Como se muestra en la figura 3, proporcionado en la parte inferior de la superficie exterior de la cubeta 3 está un anclaje de collarín metálico seccionado en "L" 20, del que al menos sobresale una parte dentro

- del cuerpo de la cubeta 3 para hacer una conexión rígida con la misma. Entonces, una junta soldada puede hacerse entre la pieza colada de base 1 y el anclaje de collarín metálico 20, para evitar que la cubeta 3 se mueva mediante la presión suministrada mediante hierro fundido vertido en el siguiente procedimiento. Sin embargo, si la cubeta 3 está compuesta por metal refractario, que es adecuado para la soldadura, no se necesita un anclaje adicional. También, la altura de la cubeta 3 se selecciona de tal manera que sea suficiente para alojar posteriormente suficiente hierro fundido añadido y agente de escorificación. La cantidad de hierro fundido en la cubeta 3 debe ser suficiente para compensar la contracción tras el enfriamiento en la cámara, mientras que dependiendo de la cantidad de hierro fundido, tamaño del electrodo, tensión aplicada en el electrodo, etc., la cantidad de agente de escorificación debe ser suficiente para cubrir y calentar el hierro fundido.
- Después de ajustar la cubeta 3, tal como se indica en la etapa 103, se vierte hierro fundido 4 dentro de la cubeta 3 y la cámara 2 manualmente con cucharones, y hasta un nivel que se extiende por encima de la superficie de pieza de trabajo y suficiente para compensar la contracción tras el enfriamiento en la cámara, tal como se muestra en la figura 4. El hierro fundido 4 puede prepararse usando una cúpula, un horno de inducción, o EAF en una fundición de hierro. La temperatura del hierro fundido es normalmente de entre 1.350°C y 1.500°C. Preferiblemente, el hierro fundido 4 es de igual o similar composición química a la de la pieza colada 1 que va a repararse, de tal manera que una transición sin defectos, continua y equivalente de manera metalúrgica se obtiene entre la pieza colada 1 y el material añadido 10 (véase la figura 8).
- Alternativamente, el hierro fundido 4 puede estar en la forma de un electrodo de fundición de hierro consumible. El electrodo de fundición de hierro puede fundirse entonces en la cámara 2 y la cubeta 3 mediante la aplicación de corriente eléctrica. Técnicas que emplean o bien el hierro fundido preparado 4 o bien la fundición de hierro formada por electrodo están ambas dentro del alcance de presente invención.
- Tal como se indica en la etapa 104 de la figura 2, el agente de escorificación 5 en forma de polvo se añade dentro del hierro fundido, seguido por la etapa 105, en la que tanto el agente de escorificación como el hierro fundido se calientan mediante un electrodo 6.
- La figura 5 y la figura 6 ilustran de manera esquemática, entre otros, el proceso de escorificación. La escorificación se usa generalmente como un mecanismo de retirada de impurezas en reducción de metal, puede servir también para otros fines, tales como la asistencia en el control de temperatura de la reducción; y también minimizando cualquier reoxidación del metal fundido. Tal como se muestra en la figura 5, una cantidad de agente de escorificación 5 en forma de polvo, tal como una mezcla de CaO y Al₂O₃, se añade dentro de la cubeta. El agente de escorificación 5 puede reaccionar parcialmente con componentes no deseados en el hierro fundido 4 para retirar las impurezas. El agente de escorificación restante y el material producido se denominan colectivamente escoria 7.
- Tal como se muestra en la figura 6, un electrodo no consumible 6 alcanza el agente de escorificación 5 e inicialmente lo funde por medio de arco producido debido a la diferencia de tensión entre el electrodo 6 y la pieza colada de base 1. Después de fundirse parcialmente, el agente de escorificación líquido 5 pasa a ser conductor y puede usarse para calentar por corriente eléctrica que fluye a través. Por el calentamiento por arco y el calentamiento por resistencias mencionados anteriormente, la escoria 7 pasa a ser líquida. El agente de escorificación 5 puede también precalentarse a la forma fundida en otra ubicación, tal como en una fundición, y verterse dentro del hierro fundido 4. Debido a que la escoria líquida 7 tiene un peso específico más bajo que el del material de la pieza colada de base 1, se mantendrá flotando en el hierro fundido 4, excluyendo la atmósfera circundante.
- Cabe señalar que el orden de añadir hierro fundido 4 y añadir agente de escorificación 5 no se restringe a añadir el hierro fundido 4 antes que el agente de escorificación, más bien puede usarse también la adición del agente de escorificación antes que el hierro fundido 4.
- Como alternativa, el electrodo no consumible 6 puede ser hueco con el agente de escorificación contenido en el mismo. Con esta disposición, la etapa de la adición de agente de escorificación y el calentamiento pueden llevarse a cabo simultáneamente.
- El hierro fundido 4 se mantiene en una temperatura por encima de la temperatura de fusión del material de la pieza colada de base 1 para un periodo de tiempo predeterminado, hasta que la superficie de pared en la cámara 2 alcanza su temperatura de fusión de tal manera que se produce un grado de fusión, y la pieza colada de base 1 en la vecindad de la cámara 2 se calienta suficientemente hasta el punto de que puede evitarse un enfriamiento posterior demasiado rápido del hierro fundido, por ejemplo a aproximadamente 600°C. El calentamiento tiene lugar dentro de y desde la cámara que va a llenarse, desde la cual se transmite el calor a la pieza colada de base 1. El tiempo preciso transcurrido hasta que el material de la pieza colada de base 1 se calienta suficientemente depende de diferentes factores, tales como la forma y el grosor de la pieza de trabajo, la corriente de soldadura usada y la tensión, etc.
- El procedimiento entonces procede al procedimiento de nodulación, tal como se indica en la etapa 106. Tal como se muestra en la figura 7, después de que la superficie de pared en la cámara 2 comience a fundirse y la pieza colada de base 1 en la vecindad de la cámara 2 se caliente suficientemente, el electrodo no consumible 6 se reemplaza

- 5 rápidamente mediante un tubo alimentador 9 y un cable 8 que se extiende a través del tubo 9. El tubo 9 sirve para proteger el cable 8 de la erosión por la escoria 7 antes de que alcance el baño de fusión, y puede hacerse de cualquier material refractario, tal como Al_2O_3 . El cable 8 se forma de una clase de agente de nodulación que puede ser magnesio, o aleación de magnesio y metal de tierra posterior, aunque puede usarse también cerio, telurio e itrio, etc. Al insertar el tubo alimentador 9 dentro del baño de fusión, el cable 8 en el tubo alimentador 9 se disuelve en el hierro fundido 4 para efectuar segregación de grafito (es decir, nodulación). En el procedimiento completo de nodulación, pueden manipularse el tubo alimentador 9 y/o el cable 8 y moverse manual o automáticamente. Después de la segregación de grafito, se retirarán el tubo alimentador 9 y el cable restante 8 en el mismo.
- 10 Lo anterior describe sólo una realización de cómo realizar el procedimiento de segregación de grafito, y existen muchas otras maneras de lograr el mismo fin. Pueden usarse diversas otras técnicas para añadir agente de nodulación, y están dentro del alcance de la presente invención. Por ejemplo, no es necesario un tubo 9 siempre y cuando al menos una parte del agente de nodulación esté protegida contra la erosión por la escoria al pasar a través de la misma de manera que la parte del agente de nodulación pueda asistir a la segregación de grafito.
- 15 Ya que lleva tiempo segregar de manera efectiva grafito, la pieza colada necesita enfriarse lentamente. Se prefiere tener una baja velocidad de enfriamiento, tal como el enfriamiento por aire natural en el entorno ambiental o incluso más lenta, debido a que una velocidad de enfriamiento más alta causará segregación de grafito a baja temperatura y conducirá a una solidificación blanca y un conteo de nódulos de grafito reducido.
- 20 Como una manera a modo de ejemplo de lograr una velocidad de enfriamiento más lenta, el electrodo 6 usado anteriormente puede usarse de nuevo. A través del enfriamiento por aire natural y la aplicación de un determinado grado de calor por el electrodo 6, se puede obtener un efecto general de enfriamiento más lento. El calentamiento mediante el electrodo 6 puede controlarse posteriormente ajustando la tensión aplicada al mismo, etc.
- 25 Después de que se enfríe la pieza colada, se mecanizará para retirar posteriormente la cubeta anclada a la misma y cualquier parte redundante de las soldaduras para obtener el producto final.
- La figura 8 muestra la colada reparada, de la cual se ha mecanizado la parte de soldadura redundante. Tal como se muestra, el defecto se ha llenado con material que tiene la misma composición química que tiene la pieza colada de base, y existe una conexión o transición perfecta entre la pieza colada de base 1 y el material añadido 10.
- 30 Tal como se discutió, la invención también tiene la aplicabilidad en la conexión efectiva de dos o más piezas de trabajo de fundición de hierro entre sí, esto se logra al usar la técnica discutida con anterioridad para formar una parte de puente soldada.
- 35 Más particularmente, tal como se muestra en la figura 9, en lugar de mecanizar una cámara en un sitio de defecto, dos piezas de trabajo se juntan de manera que definen una cámara entre ellos para recibir material de soldadura. Esto requiere que al menos una de las dos piezas de trabajo 11 y 12 se mecaniza para definir con más precisión una cámara entre sus zonas conectadas. Las dos piezas de trabajo 11 y 12 se juntan y fijan en una posición deseada según el componente final requerido. Esto puede complementarse con muros o presas adicionales para contener material fundido. Por ejemplo, en la configuración ilustrada, para evitar el derrame de hierro fundido, en un lado más bajo, una placa inferior 13 recubierta con una capa refractaria 14 puede anclarse a la otra superficie de piezas de trabajo mediante soldadura. Puede dejarse un espacio adicional entre las piezas de trabajo 11, 12 y la capa refractaria 14 para permitir un volumen mayor de material soldado que va a usarse. Pueden usarse diversas configuraciones de piezas de trabajo y presas o paredes para contener material fundido, tal como comprenderá el experto en la técnica. Pueden usarse también otras maneras para conectar las dos piezas de trabajo en un lado siempre y cuando la cámara se cierre en al menos un lado para alojar hierro fundido y evitar el derramamiento del mismo.
- 40 Para zonas de conexión complejas, tales como zonas de conexión espacialmente curvadas y largas, puede usarse un receptáculo hecho especialmente o pueden juntarse las dos piezas de trabajo primeramente en diversos puntos discretos y después juntarse con las partes restantes.
- 45 Etapas posteriores siguen siendo las mismas que para el procedimiento de reparación anterior y no se repetirán detalladamente. En general, después de que las dos piezas de trabajo 11 y 12 estén situadas, se ajusta un receptáculo en la forma de una cubeta a la cámara, seguido por la adición de hierro fundido dentro de la cubeta y la cámara. A partir de ahí, al añadir agente de escorificación dentro del hierro fundido y calentar el agente de escorificación y el hierro fundido a través de un electrodo, se finaliza el procedimiento de escorificación y la escoria líquida flota sobre el hierro fundido. A través del uso de un tubo alimentador o similar, se añade agente de nodulación dentro del hierro fundido para segregar grafito. Las piezas de trabajo están sometidas a enfriamiento natural por aire con entorno ambiental o incluso enfriamiento más lento para tener una mejor segregación, y luego se mecanizan para retirar cualquier parte redundante, dando como resultado el producto final, en el que los componentes están juntos por una junta de soldadura fuerte.
- 50
- 55

REIVINDICACIONES

1. Método de reparación de un defecto en una pieza de trabajo de fundición de hierro dúctil (1), que incluye:
 mecanizar la pieza de trabajo en la zona del defecto para retirar el material defectuoso y formar una cámara (2) que se abre en una superficie de la pieza de trabajo;
- 5 anclar un receptáculo (3) a la pieza de trabajo sobre la cámara, el receptáculo está dotado de un orificio en comunicación con la cámara;
 añadir hierro fundido (4) dentro del receptáculo (3) para que al menos parte de él fluya dentro de la cámara;
 añadir agente de escoriación (5) dentro del receptáculo;
 calentar el agente de escoriación y el hierro fundido con un electrodo (6); y
- 10 permitir que el hierro fundido y la pieza de trabajo se enfríen lentamente
 caracterizado por la adición de agente de nodulación dentro el hierro fundido con el fin de segregar grafito.
2. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa de enfriamiento es a través de enfriamiento por aire natural al intercambiar calor con el entorno ambiental.
- 15 3. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa de enfriamiento es a través de enfriamiento por aire natural y aplicación simultánea de un cierto grado de calor.
4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de añadir agente de nodulación dentro del hierro fundido incluye insertar dentro del hierro fundido un tubo alimentador (9) que contiene un cable (8) en el mismo.
- 20 5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agente de nodulación es magnesio o una aleación de magnesio y tierras raras.
6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de añadir hierro fundido incluye el uso de un electrodo de fundición de hierro consumible que se funde en la cámara (2) y el receptáculo (3).
- 25 7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el hierro fundido es de igual o similar composición química a la de la pieza de trabajo de fundición de hierro (1) que va a repararse.
8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además incluye la detección del defecto a través de una técnica no destructiva.
9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además incluye la retirada del receptáculo (3) y parte redundante de la pieza de trabajo después de enfriarse.
- 30 10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fundición de hierro es fundición de hierro de grafito esferoidal.
11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pieza de trabajo de fundición de hierro es un buje para una turbina eólica.
- 35 12. Método de conexión de dos piezas de trabajo de fundición de hierro dúctiles (11,12) entre sí, que incluye:
 juntar las dos piezas de trabajo de fundición de hierro (11,12) para que las superficies adyacentes que van a soldarse definan una cámara entre ellas y fijar las dos piezas de trabajo de fundición de hierro en una posición deseada;
 anclar un receptáculo (3) a al menos una de las dos piezas de trabajo de fundición de hierro sobre la cámara, el receptáculo está dotado de un orificio para estar en comunicación con la cámara;
- 40 añadir hierro fundido dentro del receptáculo para que al menos parte de él fluya dentro de la cámara;
 añadir agente de escoriación dentro del receptáculo;
 calentar el agente de escoriación y el hierro fundido con un electrodo;
 añadir agente de nodulación dentro del hierro fundido con el fin de segregar grafito; y
 permitir que el hierro fundido y las piezas de trabajo se enfríen lentamente.

13. Método según la reivindicación 12, en el que la etapa de enfriamiento es a través de enfriamiento por aire natural al intercambiar calor con el entorno ambiental.
14. Método según la reivindicación 12, en el que la etapa de enfriamiento es a través de enfriamiento por aire natural y aplicación simultánea de un cierto grado de calor.
- 5 15. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que la etapa de añadir agente de nodulación dentro del hierro fundido incluye insertar dentro del hierro fundido un tubo alimentador que contiene un cable en el mismo.
16. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, en el que el agente de nodulación es magnesio o una aleación de magnesio y tierras raras.
- 10 17. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, en el que la etapa de añadir hierro fundido incluye el uso un electrodo de fundición de hierro consumible que se funde en la cámara y el receptáculo.
18. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17, en el que el hierro fundido es de igual o similar composición química a la de las piezas de trabajo de fundición de hierro que se van a conectar.
- 15 19. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 18, en el que al menos una de las dos piezas de trabajo de fundición de hierro se mecaniza en su superficie que se va a soldar para definir la cámara.
20. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 19, que además incluye la retirada del receptáculo y cualquier parte de soldadura sobrante de las piezas de trabajo después de enfriarse.
21. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 20, en el que las dos piezas de trabajo de fundición de hierro son partes de un buje para una turbina eólica.
- 20 22. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 21, la etapa de fijar las dos piezas de trabajo de fundición de hierro en una posición deseada incluye anclar una placa inferior (13) recubierta con una capa refractaria (14) a las dos piezas de trabajo de fundición de hierro con el fin de acercar al menos un lado del espacio entre las dos piezas de trabajo de fundición de hierro.
- 25 23. Buje para una turbina eólica, reparado o hecho por un método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
24. Turbina eólica que tiene un buje según la reivindicación 23.

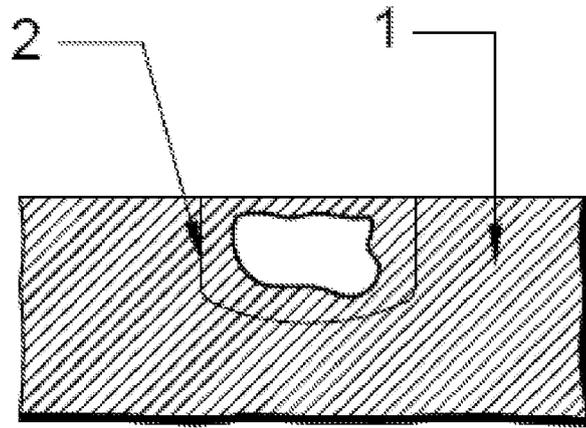


FIG. 1

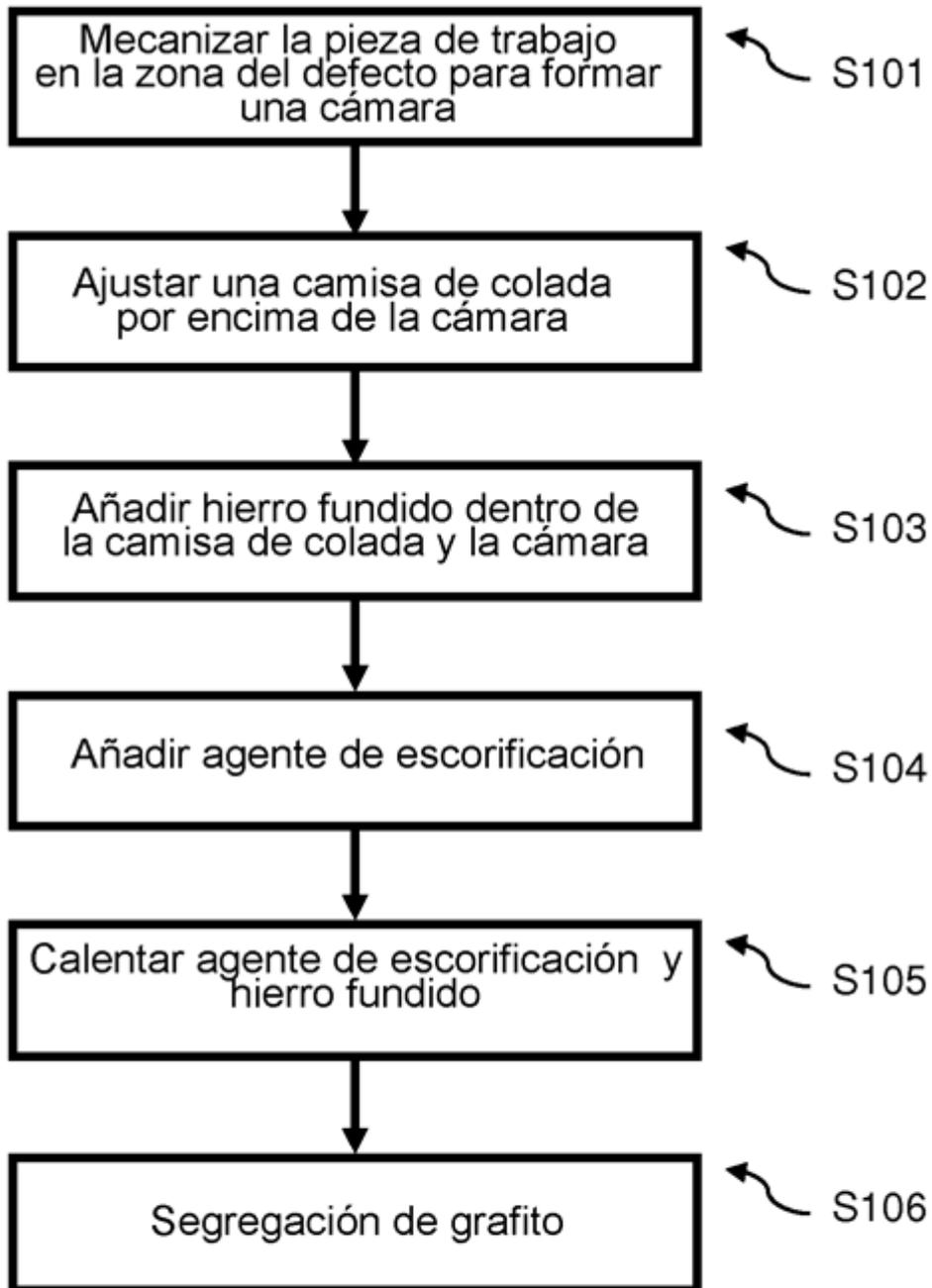


FIG. 2

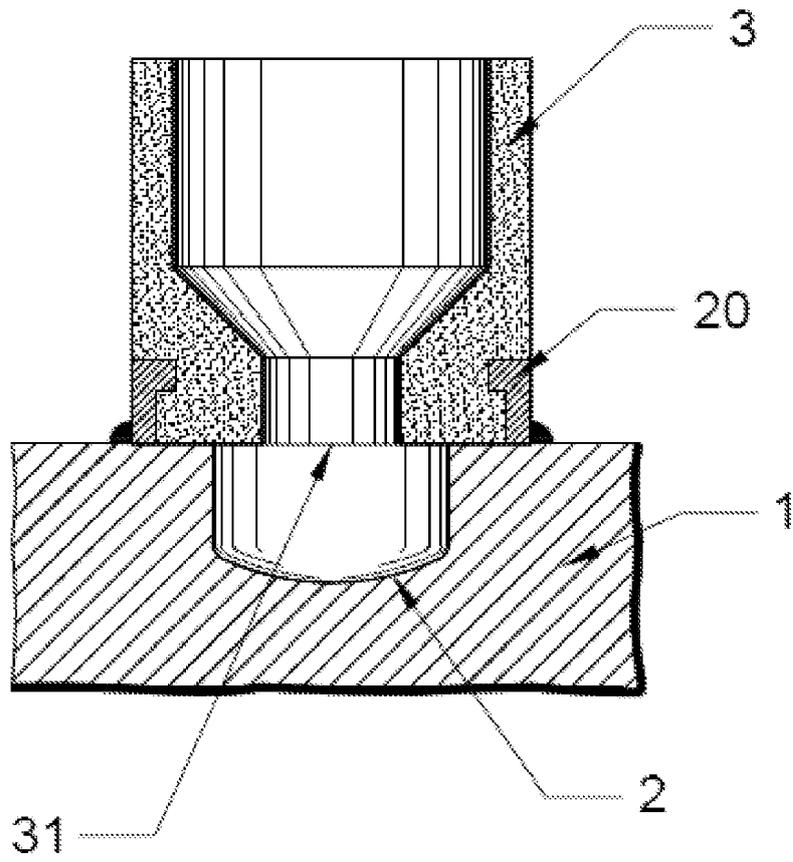


FIG. 3

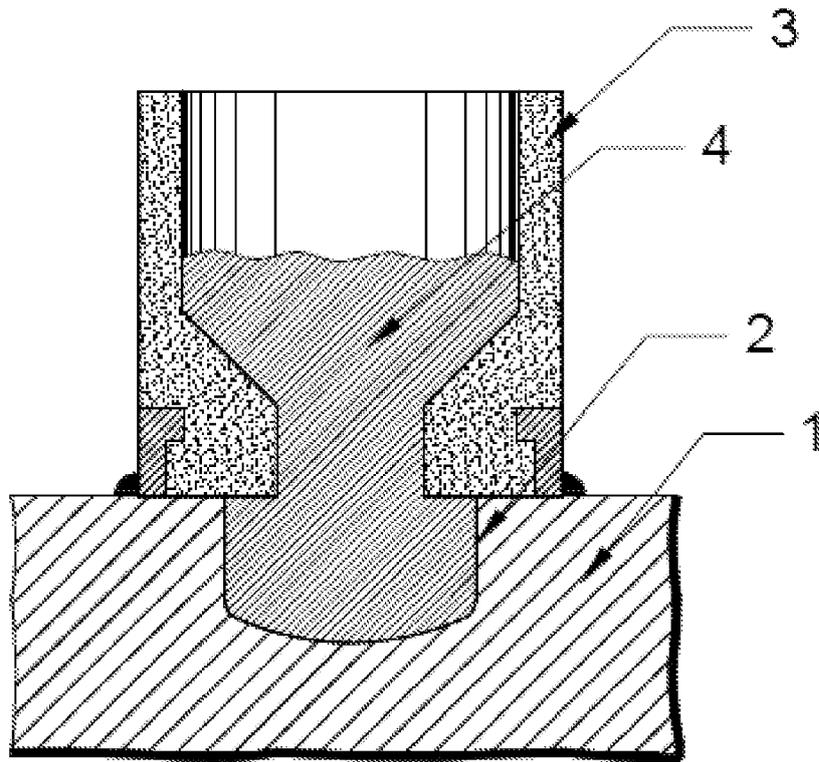


FIG. 4

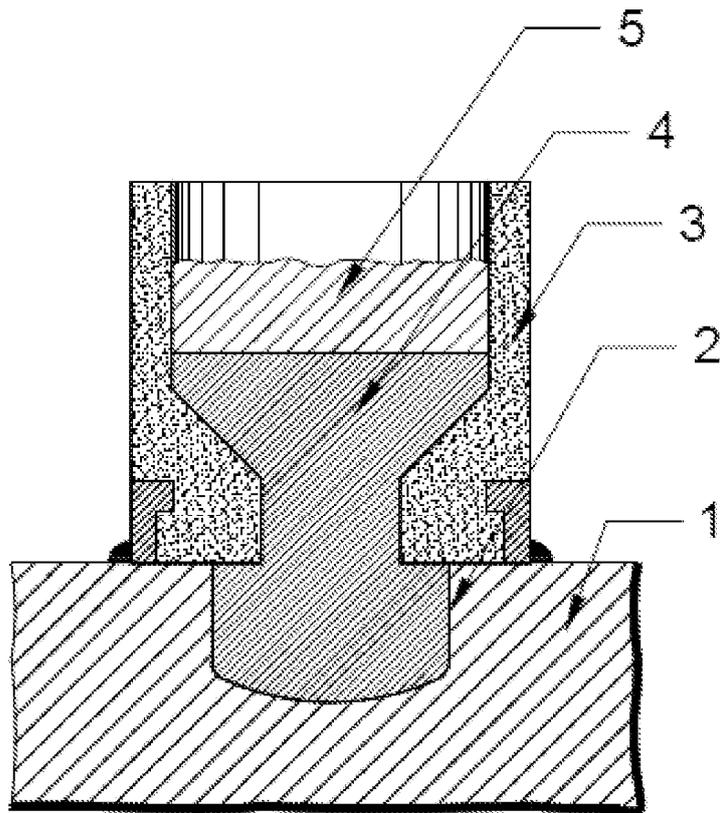


FIG. 5

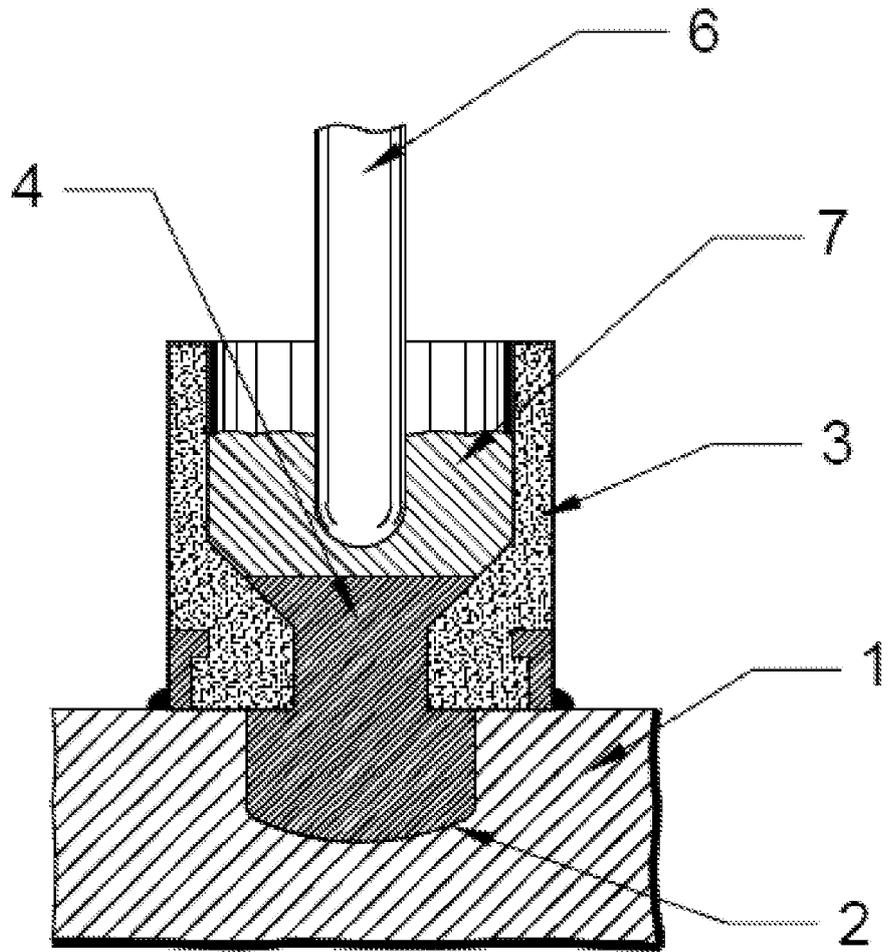


FIG. 6

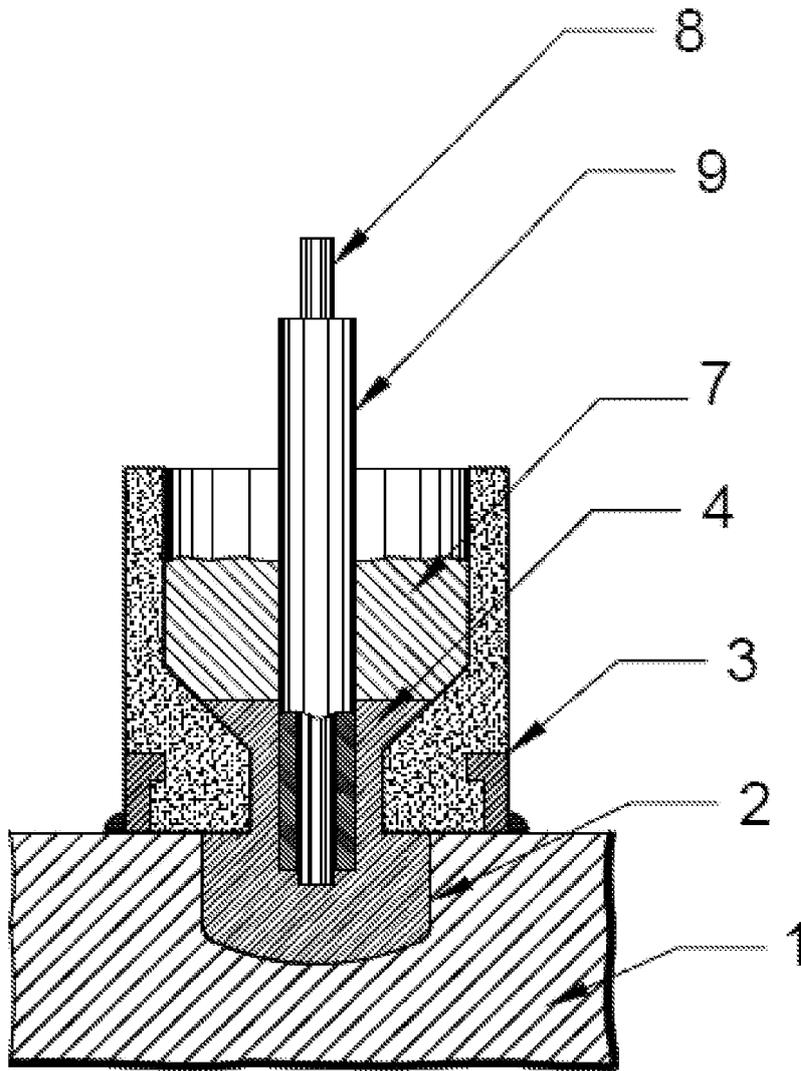


FIG. 7

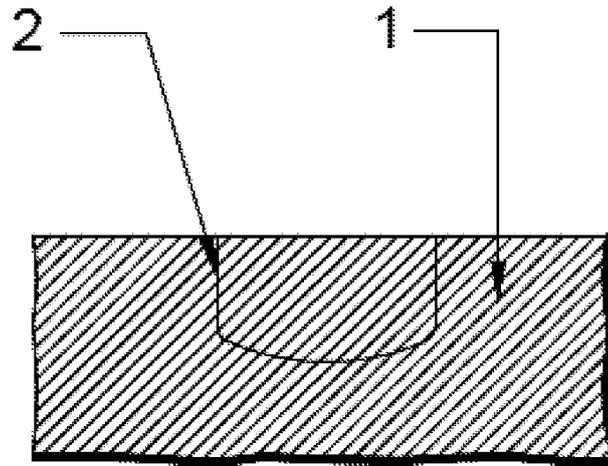


FIG. 8

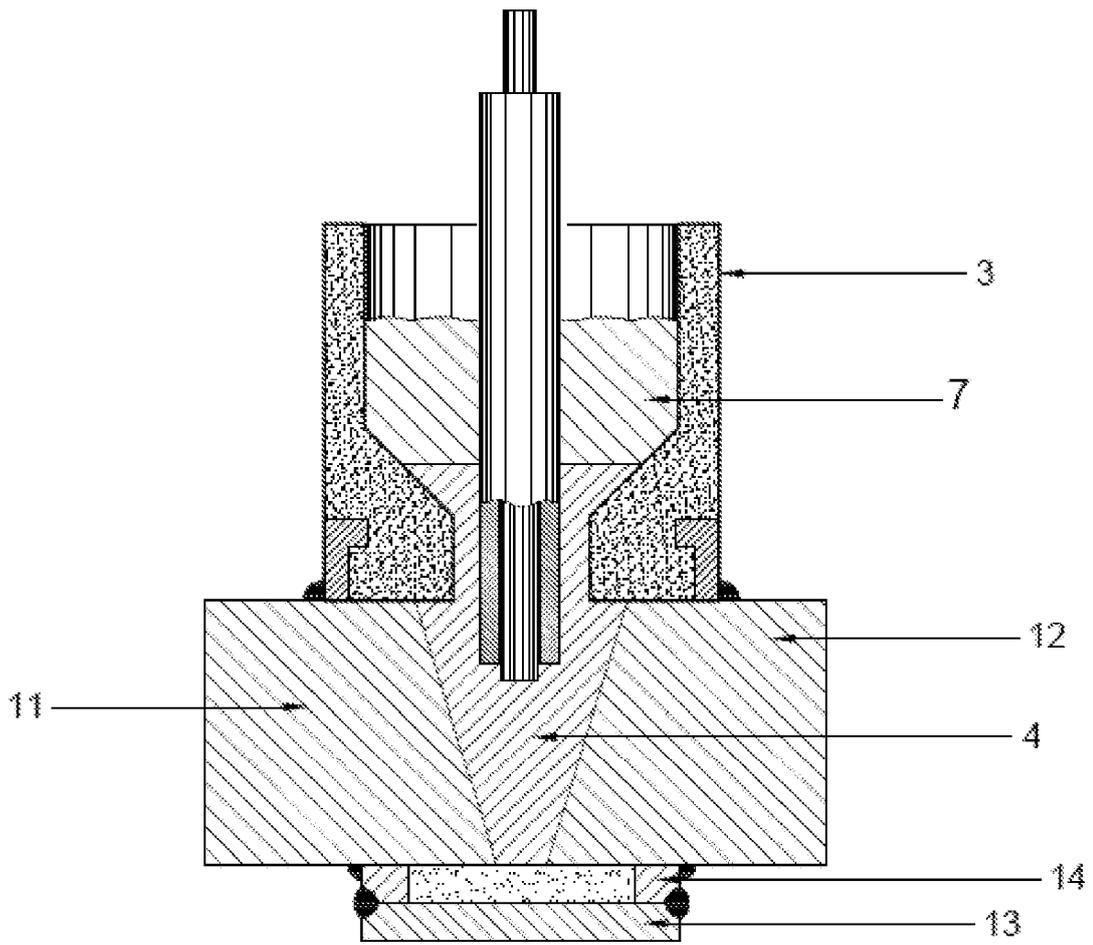


FIG. 9