



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 736**

51 Int. Cl.:

**E02F 3/38** (2006.01)

**B23K 9/00** (2006.01)

**B23K 31/00** (2006.01)

**B23K 103/04** (2006.01)

**C21D 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05766177 .9**

96 Fecha de presentación : **14.07.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1775391**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.04.2007**

54

Título: **Método para mejorar la resistencia a la fatiga en la zona de soldadura de la pluma y el brazo de una máquina de construcción.**

30

Prioridad: **15.07.2004 JP 2004-208329**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**10.10.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**10.10.2011**

73

Titular/es: **NIPPON STEEL CORPORATION**  
**6-3, Otemachi 2-chome**  
**Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP**

72

Inventor/es: **Nose, Tetsuro y**  
**Nakashima, Kiyotaka**

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 365 736 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 mejorar la resistencia a la fatiga en la zona de soldadura de la pluma y el brazo de una máquina de construcción

5 La presente invención se refiere a un método para mejorar la resistencia a la fatiga en la zona de soldadura de la pluma y el brazo de una máquina de construcción.

La pieza que constituye la pluma y el brazo de una excavadora u otra máquina de construcción está constantemente sometida a cargas repetidas. Es, por lo tanto, necesario dar suficiente consideración a la seguridad de las zonas de soldadura frente a la fatiga durante el funcionamiento de la máquina de construcción.

10 En general, la resistencia a la fatiga de una zona de soldadura es notablemente inferior a la resistencia a la fatiga del material matriz. Las principales razones se sabe que son la concentración de tensiones en el borde de soldadura, la formación de lugares de tensiones residuales de tracción en el borde de soldadura, y el crecimiento de granos cristalinos de la zona afectada por el calor de soldadura.

15 Como medidas frente a esto, en el pasado se ha usado el método de esmerilar las zonas de soldadura para impedir la concentración de tensiones en las zonas de soldadura, y el método de situar la pieza que constituye la pluma y el brazo en un horno de tratamientos térmicos para su tratamiento térmico posterior en el denominado "tratamiento SR" con el fin de reducir la tensión residual de tracción en las zonas de soldadura.

Sin embargo, el esmerilado tiene el problema de tener una pobre eficacia de trabajo y además de que su efecto está muy regulado por la habilidad del operador, por ejemplo, con un sobre-esmerilado de las zonas de soldadura que dan como resultado una reducción de la resistencia de la unión.

20 Además, el tratamiento SR tiene el problema de que requiere un horno de tratamiento térmico de gran tamaño, e implica tremendos costes de capital y costes de operación.

25 Además, la Publicación de Patente Japonesa (A) N° 2003-113418 propone el método de tratar previamente los lugares de un material metálico donde la fatiga llegaría a ser un problema, tratarlo luego mediante ondas ultrasónicas de choque, e inspeccionarlo luego para asegurar la calidad con el fin de mejorar la vida del material metálico frente a la fatiga, y describe que el tratamiento con ondas ultrasónicas de choque origina que los bordes de soldadura se deformen con curvatura y cambie el grado de concentración de tensiones.

Además, la Publicación de Patente Japonesa (A) N° 2004-130313 propone un método para mejorar la resistencia a la fatiga golpeando, mediante un terminal de vibración ultrasónica, las inmediaciones de las partes superiores de los bordes de soldadura de las uniones de soldadura de filete, donde dos extremos que solapan se sueldan juntos.

30 El documento JP-A-2004-130315 describe un método para potenciar la resistencia a la fatiga de una unión de una soldadura a tope, donde las porciones finales de las dos placas metálicas se unen a tope, una con otra, para formar una unión de soldadura a tope, y una porción de las inmediaciones del centro de un cordón de soldadura de una unión de soldadura a tope es golpeada por un terminal de oscilación ultrasónica determinado por las dimensiones y el espacio libre específicamente diseñados.

35 El documento JP-A-2004-149843 describe un método para mejorar la tenacidad en la zona afectada por el calor en una unión de soldadura multicapas, en una unión de soldadura de filete y en una unión de soldadura de un producto de acero por alta aportación de calor mediante una pasada o varias pasadas, donde este método se caracteriza por un tratamiento de golpeo con una terminal de vibraciones ultrasónicas o un tratamiento de granallado sobre la superficie de la zona afectada por el calor formada por la pasada final.

40 El documento WO 2004/046394 describe un método para fabricar un producto metálico que tiene una parte de la capa superficial nanocristalizada, donde este método comprende aplicar un tratamiento de choque ultrasónico martilleando, con aleado mecánico, con un terminal o una pluralidad de terminales de vibración ultrasónica en una pluralidad de direcciones sobre la parte de la capa superficial del producto metálico, y aplicar un tratamiento térmico a baja temperatura, sobre la parte de la capa superficial sometida al tratamiento de choque ultrasónico para depositar nanocristales y fases amorfas.

45 El documento US-A-2003/085257 describe un aparato y un método para formar uniones de soldadura que tienen configuraciones de tensiones residuales de compresión, donde este aparato incluye una herramienta de soldeo para formar una unión de soldadura a lo largo de la superficie de, al menos, una pieza de trabajo, y una herramienta de compresión para inducir selectivamente una capa de tensión residual de compresión en, al menos, una porción de la superficie de la unión de soldadura y la superficie de, al menos, una pieza de trabajo para mejorar la resistencia a la corrosión y la resistencia a la fatiga.

El documento JP-A-2003-113418 describe un método para mejorar la vida frente a la fatiga y un material metálico de larga duración, donde este método incluye tratar previamente una porción que puede originar fatiga, tratar el material

metálico con choque ultrasónico, y luego realizar una inspección para asegurar la calidad con el fin de mejorar la vida frente a la fatiga.

5 El documento JP-A-2003-130313 describe un método para aumentar la resistencia a la fatiga de la unión de soldadura de filete con solapamiento, donde una porción en las inmediaciones de un borde de soldadura de una unión de soldadura de filete con solapamiento, con porciones finales de dos placas metálicas solapadas, soldada una con otra, es golpeada mediante un terminal de oscilación ultrasónica para aumentar la resistencia a la fatiga.

Sin embargo, en estas propuestas, no fueron estudiados ni el caso de aplicar un tratamiento de golpeo ultrasónico a la pluma y al brazo de una máquina de construcción ni las condiciones del mismo.

10 El método de mejora de la resistencia a la fatiga de una pluma y un brazo, según la reivindicación 1, resuelve el problema de la técnica anterior anteriormente mencionado.

La invención se describe con detalle junto con los dibujos, en los que:

La Figura 1 es una vista esquemática global de una excavadora, mostrada como un ejemplo de una máquina de construcción, mediante una vista en perspectiva,

La Figura 2 es una vista esquemática que muestra la estructura de una pluma, mediante una vista en perspectiva,

15 La Figura 3 es una vista esquemática que muestra un brazo, mediante una vista lateral,

La Figura 4 es una vista esquemática que muestra un ejemplo de una zona de soldadura de una pluma y un brazo a la que se le aplica la presente invención,

La Figura 5 es una vista esquemática que muestra otro ejemplo de una zona de soldadura de una pluma y un brazo a la que se le aplica la presente invención,

20 La Figura 6 es una vista esquemática que muestra otro ejemplo más de una zona de soldadura de una pluma y un brazo a la que se le aplica la presente invención,

La Figura 7 es una vista que ilustra un terminal de vibración usado en la presente invención,

La Figura 8 es una vista que ilustra un terminal de vibración usado en la presente invención, y

25 La Figura 9 es una vista que muestra una pieza para ensayo, en forma de caja, correspondiente a una pluma y un brazo de una máquina de construcción.

Las realizaciones de la presente invención se explicarán con detalle usando de la Figura 1 a la Figura 8,

30 La Figura 1 a la Figura 3, son vistas que ilustran una pluma y un brazo de una máquina de construcción a la que se le aplica la presente invención. La Figura 1 es una vista esquemática global de una excavadora mostrada como un ejemplo de una máquina de construcción mediante una vista en perspectiva, en la que 1 indica una cabina, 2 es un vehículo oruga, 3 una pluma, 4 un brazo, y 5 una cuchara. Cada vez que una excavadora realiza un trabajo, como por ejemplo excavar y transportar tierra en un sitio en construcción, se hace actuar la pluma 3 o el brazo 4 mediante una carga repetida compuesta por una fuerza axial y una fuerza de flexión, y las zonas de soldadura a veces se agrietan originando daños de fatiga.

35 La Figura 2 es una vista en perspectiva de la estructura de una pluma, mientras que la Figura 3 muestra esquemáticamente la estructura del brazo, mediante una vista lateral. En la Figura 2 y en la Figura 3, 6 indica una placa superior, 7 una placa lateral, 8 una placa inferior, 9 una placa de división que actúa de refuerzo, 10 un soporte de la parte de los cojinetes, y 11 una parte para la sujeción del cilindro. Como se muestra en la Figura 2 y en la Figura 3, la pluma y el brazo tienen estructuras de caja. En corte transversal, forman estructuras de corte transversal rectangular cerrado, resistentes no solo a la deformación en la dirección axial sino también a la deformación por flexión.

40 La Figura 4 es una vista que ilustra el corte transversal de una pieza de una pluma a la que se le aplica la presente invención. En la Figura 4, 6 indica una placa superior, 7 una placa lateral, 8 una placa inferior, 12 un metal de soldadura, 13 una parte de interrupción, y 14 un terminal de vibración.

45 Según la presente invención, se proporciona una pieza de una pluma y de un brazo de una máquina de construcción con marcas de impactos en las partes de interrupción de las zonas de soldadura, con penetración completa, de la pieza de la pluma y del brazo.

Como se muestra en la Figura 4, según la presente invención, los golpes de los bordes de las zonas 13 de soldadura con penetración completa son realizados por el terminal 14 de vibración para impartir marcas de impactos a los bordes 13 muy susceptibles a la concentración de tensiones, y convertir la tensión residual de los bordes 13 en tensión residual compresiva y, por ello, mejorar la resistencia a la fatiga de la zona de soldadura.

Aquí, una “zona de soldadura con penetración completa”, como se muestra en la Figura 4, significa una zona de soldadura donde el metal 12 de soldadura se extiende sobre la dirección del espesor completo de la placa de acero que se está soldando.

5 En la presente invención, las zonas de soldadura para el tratamiento de golpeo por vibración están limitadas a las zonas de soldadura con penetración completa porque si las soldaduras no han penetrado completamente, quedarán partes sin soldar en los lugares de soldadura del material de soldadura, tendrá lugar una concentración de tensiones en los extremos frontales de las partes soldadas (partes de la raíz), y se producirán fácilmente grietas, y se propagaran desde las partes de la raíz. Además, las partes de la raíz terminan siendo enterradas dentro de las zonas de soldadura, de forma que incluso aplicando desde el exterior un tratamiento de golpeo por vibración, no es posible cambiar, de tensión de tracción a tensión de compresión, la tensión residual de las regiones frontales de las partes de la raíz.

Además, para mejorar la resistencia a la fatiga de la zona de soldadura, la tensión residual de las superficies del fondo de las marcas de impactos de vibración se transforma, preferiblemente, en una tensión residual de compresión de 10 MPa o más.

15 Hay que indicar que en la presente invención, los materiales de la pluma y del brazo no son críticos, ya que para las máquinas de construcción se usan frecuentemente el SS400, SM400, SM490, SM 570, y son preferibles otros aceros estructurales.

20 La Figura 5 y la Figura 6 son vistas esquemáticas que muestran, mediante vistas en corte transversal, ejemplos típicos de las zonas de soldadura de una pluma y un brazo a las que se les aplica la presente invención. En la Figura 5 y en la Figura 6, 8 indica una placa inferior, 9 una placa de división que actúa de refuerzo, 12 un metal de soldadura, 13 un borde, y 14 un terminal de vibración. La Figura 5 indica el caso de placas inferiores 8 con soldadura a tope, mientras que la Figura 6 indica el caso de una soldadura en T de una placa inferior 8 y una placa de división que actúa de refuerzo.

25 De esta forma, como se explicó anteriormente, el borde de soldadura al que se le aplica la presente invención deberá ser una zona de soldadura con penetración completa. Puede ser cualquier borde de las zonas de soldadura de la placa de acero de las placas superiores, de las placas laterales y las placas inferiores que forman la pluma y el brazo, los bordes de las zonas de soldadura de las placas de acero de las divisiones que actúan de refuerzo y de la pluma y el brazo, en la pluma y el brazo, los bordes de las zonas de soldadura de las placas de acero con los soportes de la parte de los cojinetes, y/o los bordes de la zona de soldadura de las partes de la cuchara, brazo, y pluma a los cuales están sujetos los dos extremos de los cilindros.

30 La Figura 7 y la Figura 8 son vistas que ilustran un terminal de vibración usado en la presente invención. En la Figura 7, 14 indica un terminal de vibración, y 15 un vibrador. En primer lugar, como se ilustra en la Figura 7, la superficie del borde de soldadura es golpeada por el terminal 14 de vibración.

35 Preferiblemente, el vibrador 15 se usa para hacer que el extremo frontal del terminal 14 de vibración vibre y aplique un golpeo de vibración a la superficie del borde de soldadura con una frecuencia de 10 Hz a 50 kHz, con una velocidad de trabajo de 0,01 a 4 kW.

40 Aplicando un golpeo de vibración con una frecuencia de 10 Hz a 50 kHz y una velocidad de trabajo de 0,01 a 4 kW, es posible hacer de la tensión residual de la superficie del fondo de las marcas de impactos de vibración, una tensión residual de compresión de 10 MPa o más, y es posible hacer que el tamaño de grano cristalino del material de acero sea de 5  $\mu$ m o menos.

45 El mecanismo por el que el golpeo de un borde de soldadura en su superficie origina que la tensión residual se transforme en tensión residual de compresión es que al usar un terminal 14 de vibración que se hace vibrar con una frecuencia de 10 Hz a 50 kHz para que la golpee a una velocidad de trabajo de 0,01 a 4 kW, se origina que el borde fluya plásticamente en su superficie para formar marcas de impactos a la vez que se forman lugares para la tensión residual de compresión cerca de la superficie.

50 Además, se cree que el mecanismo por el cual los granos cristalinos se hacen más finos es que al usar el terminal 14 de vibración, se hace vibrar con una frecuencia de 10 Hz a 50 kHz, el golpeo de la superficie a una velocidad de trabajo de 0,01 a 4 kW origina que en la superficie del borde se genere un calor debido al trabajo y que el golpeo repetido en un estado aislado, donde este calor debido al trabajo no puede escapar, produce el mismo efecto que una forja en caliente.

La razón para la limitación de la frecuencia del terminal 14 de vibración a 10 Hz, o más, es que si es inferior a 10 Hz, no se puede obtener el efecto aislante del calor debido al golpeo, mientras que la razón de la limitación a una frecuencia de más de 50 kHz es que las ondas ultrasónicas u otras frecuencias obtenidas por un vibrador que se pueda usar industrialmente, generalmente no son de más de 50 kHz.

55

La velocidad de trabajo del terminal 14 de vibración es de 0,01 kW o más, porque si es inferior a 0,01 kW, el tiempo de tratamiento requerido para el tratamiento de golpeo se hace demasiado largo. Es de no más de 4 kW porque incluso si se golpea la superficie con una velocidad de trabajo por encima de esto, el efecto se satura, de forma que caen las ventajas económicas.

5 Además, el terminal 14 de vibración tiene forma de varilla, como se muestra en la Figura 7. Si el área del corte transversal, por el cual el extremo frontal de la varilla se pone en contacto con el producto metálico objeto, es demasiado pequeño, el tratamiento llega a ser largo, mientras que si el área del corte transversal es demasiado grande, el efecto de aumentar la finura de grano no es suficiente, de forma que es preferible que el área del corte transversal sea de 0,01 mm<sup>2</sup> a 100 mm<sup>2</sup>.

10 Hay que indicar que en la realización mostrada en la Figura 7, hay un único terminal 14 de vibración, pero como se muestra en la Figura 8, también se puede proporcionar una pluralidad de terminales de vibración.

En la realización de la Figura 8, se usa una pluralidad de terminales 14 de vibración puestos juntos en un haz y se hacen vibrar los terminales 14 de vibración en haz, como un todo, para que vibren simultáneamente en la dirección vertical y en la dirección horizontal.

15 Para este fin, se proporciona una pluralidad de vibradores 15 para originar vibración en cada una de las direcciones verticales y horizontales.

Haciendo que el terminal 14 de vibración vibre, simultáneamente, verticalmente y horizontalmente, y que de esta forma golpee la superficie del borde de soldadura, se suprime la formación de una textura y los granos cristalinos se pueden hacer equiaxiales, de forma que la parte de la capa superficial se puede hacer más fina en estructura cristalina.

20 Hay que indicar que el terminal 14 de vibración puede ser un único terminal que se hace vibrar verticalmente y horizontalmente. Además, en vez de tener vibración horizontal, se puede hacer que el terminal de vibración rote o se balancee para obtener efectos similares.

### Ejemplos

25 Se trató una pieza de ensayo de SS400, con forma de caja, mostrada en la Figura 9, correspondiente a una pluma o a un brazo de una máquina de construcción, mediante el método de mejora de resistencia a la fatiga de la presente invención. Los resultados se muestran más adelante. En la Figura 9, 6 indica una placa superior, 7 una placa lateral, 8 una placa inferior, y 12 un metal de soldadura. Como se muestra en la Figura 9, los bordes del metal 12 de soldadura fueron tratados mediante golpeo por vibración usando el terminal único de vibración anteriormente mencionado.

30 Se usó el método de rayos-X,  $\text{sen}^2\psi$ , para medir la tensión residual del fondo de las marcas de impacto, con lo cual la tensión residual en la dirección paralela al cordón de soldadura era de -251 MPa a -431 MPa, y la tensión residual en la dirección vertical respecto al cordón de soldadura era de -85 MPa a -286 MPa, en cada caso de tensión residual de compresión.

35 Además, la superficie del fondo de las marcas de impactos tenía un valor medio de tamaño de grano cristalino del material de acero de 1,0  $\mu\text{m}$ .

A continuación, como se muestra en la Figura 9, se aplicó una carga repetida en la dirección de la flecha, con lo cual la resistencia a la fatiga (límite de fatiga), que era de aproximadamente 50 MPa al soldarlo, es decir antes del tratamiento de golpeo por vibración, llegó a ser de aproximadamente 110 MPa después del tratamiento de golpeo por vibración en los bordes de soldadura, tanto en la superficie exterior como en la superficie interior de la caja. Esto sugiere que aplicando la presente invención, la pluma y el brazo de una máquina de construcción pueden mejorar en su resistencia a la fatiga dos veces o más.

40 Esta notable mejora en la resistencia a la fatiga, debida al tratamiento de golpeo por vibración, se cree que es debida a que la tensión residual de los bordes de soldadura se transforma en tensión residual de compresión más grande, y la formación de marcas de impactos da lugar a que los bordes de soldadura aumenten su radio de curvatura y la concentración de tensiones disminuya, por lo que se reduce la fuerza motriz que hay detrás de la formación y propagación de las grietas de fatiga, debida a la carga repetida, y porque además la estructura de la superficie de las áreas de concentración de tensiones de los bordes de soldadura, susceptibles a la grietas de fatiga, se hace más finas y se eleva la resistencia a la formación de grietas.

50 Según la presente invención, es posible proporcionar una pieza de una pluma y de un brazo de una máquina de construcción, superior en resistencia a la fatiga en la zona de soldadura, y un método de mejora de su resistencia a la fatiga proporcionando a los bordes de las zonas de soldadura, con penetración completa, de la pieza de la pluma y del brazo de la máquina de construcción, marcas de impactos de vibración, mediante un terminal de vibración.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método para la mejora de la resistencia a la fatiga de una pluma y un brazo de una máquina de construcción que tiene zonas de soldadura, con penetración completa, en dichas piezas de la pluma y del brazo, caracterizado por aplicar un tratamiento de golpeo por vibración mediante un terminal de vibración que vibra simultáneamente en la dirección vertical y en la dirección horizontal respecto a los bordes (13) de dichas zonas (12) de soldadura, con penetración completa, de la pluma (3) y del brazo (4) de una máquina de construcción.
- 10 2. Un método para la mejora de la resistencia a la fatiga de una pluma y un brazo de una máquina de construcción como se expone en la reivindicación 1, caracterizado porque dicho borde (13) de dichas zonas (12) de soldadura con penetración completa, son bordes de zonas de soldadura de placas de acero de placas superiores (6), placas laterales (7), y placas inferiores (8), que forman dicha pluma (3) y brazo (4), bordes de zonas de soldadura de las placas de acero de las placas (9) de acero de división, que actúan como refuerzo en la pluma y en el brazo con las respectivas placas de acero de la pluma y del brazo, bordes de las zonas de soldadura de las placas de acero con los soportes de la parte de los cojinetes, y/o bordes de las zonas de soldadura de las partes de la cuchara, brazo, y pluma a las que están sujetas los cilindros.
- 15 3. Un método para la mejora de la resistencia a la fatiga de una pluma y un brazo de una máquina de construcción, como se expone en la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque dicho tratamiento de golpeo por vibración se lleva a cabo mediante un terminal (14) de vibración que se hace que vibre con una frecuencia de 10 Hz a 50 kHz para el golpeo por vibración a una velocidad de trabajo de 0,01 a 4 kW.
- 20 4. Un método para la mejora de la resistencia a la fatiga de una pluma y un brazo de una máquina de construcción como se expone en la reivindicación 1, caracterizado porque dicho terminal (4) de vibración tiene forma de varilla y el extremo frontal de la varilla tiene un área de corte transversal de 0,01 mm<sup>2</sup> a 100 mm<sup>2</sup>.

Fig.1

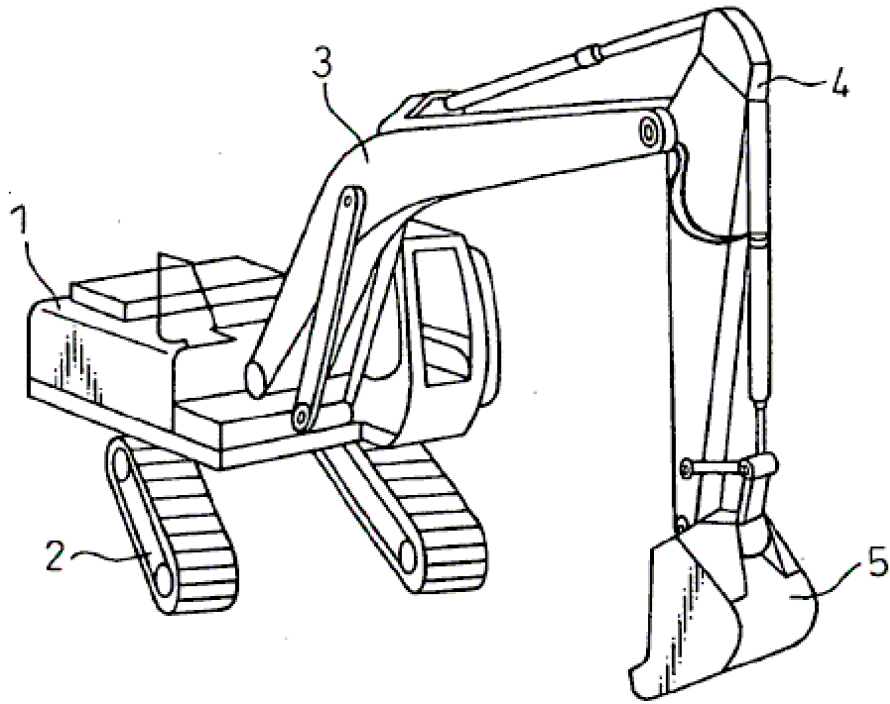


Fig.2

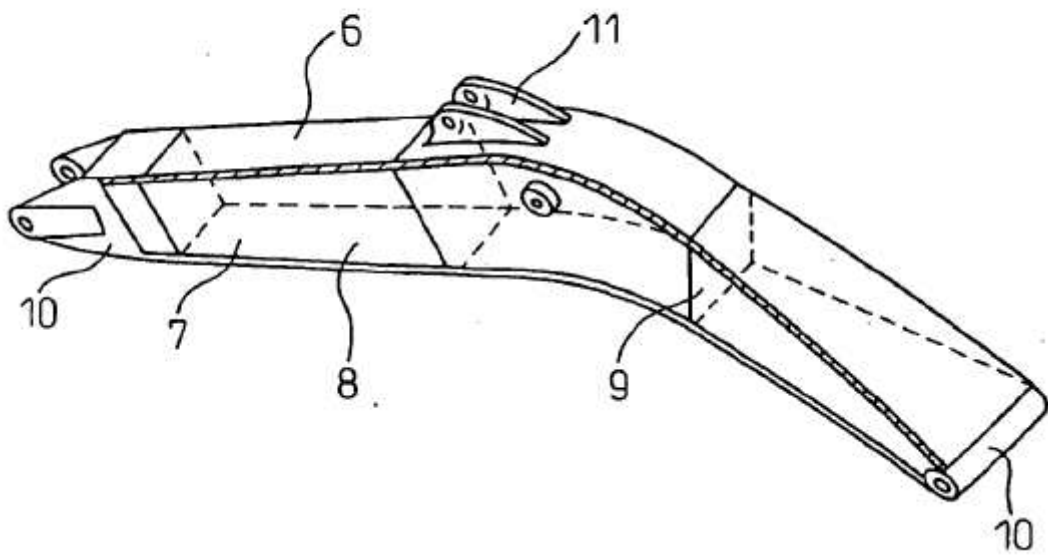




Fig.3

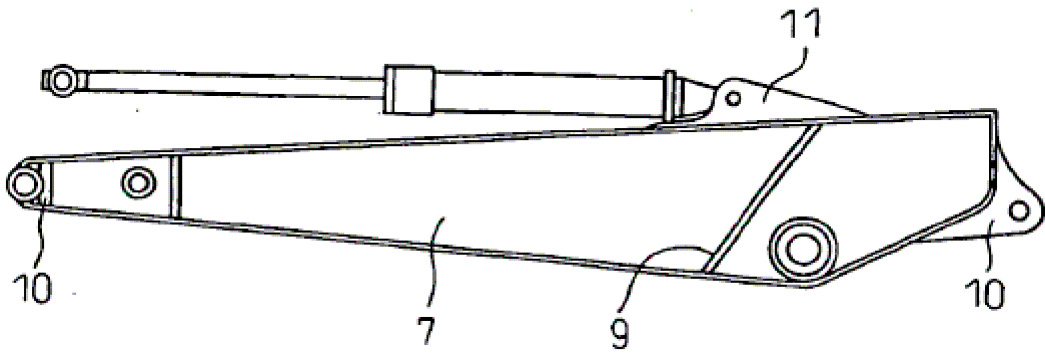


Fig.4

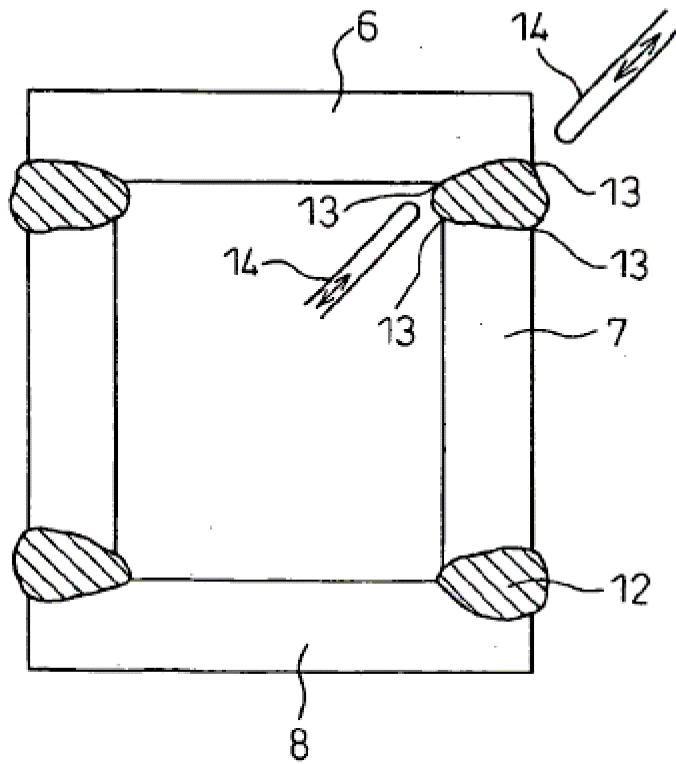




Fig.5

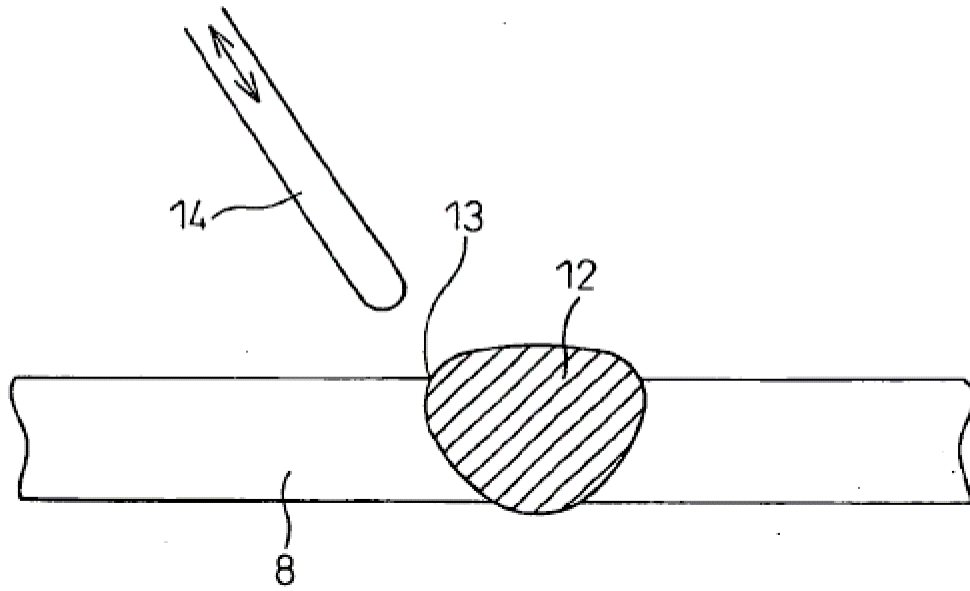


Fig.6

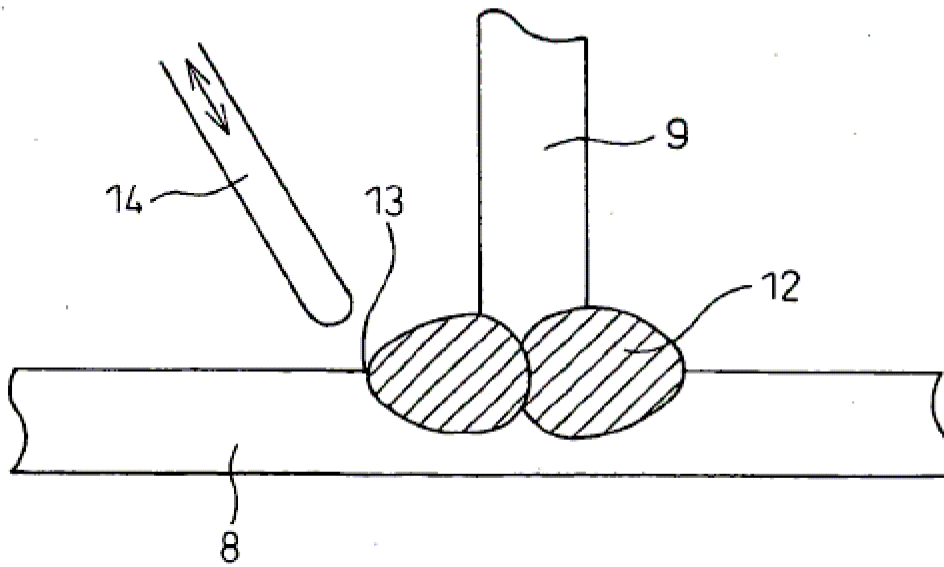


Fig.7

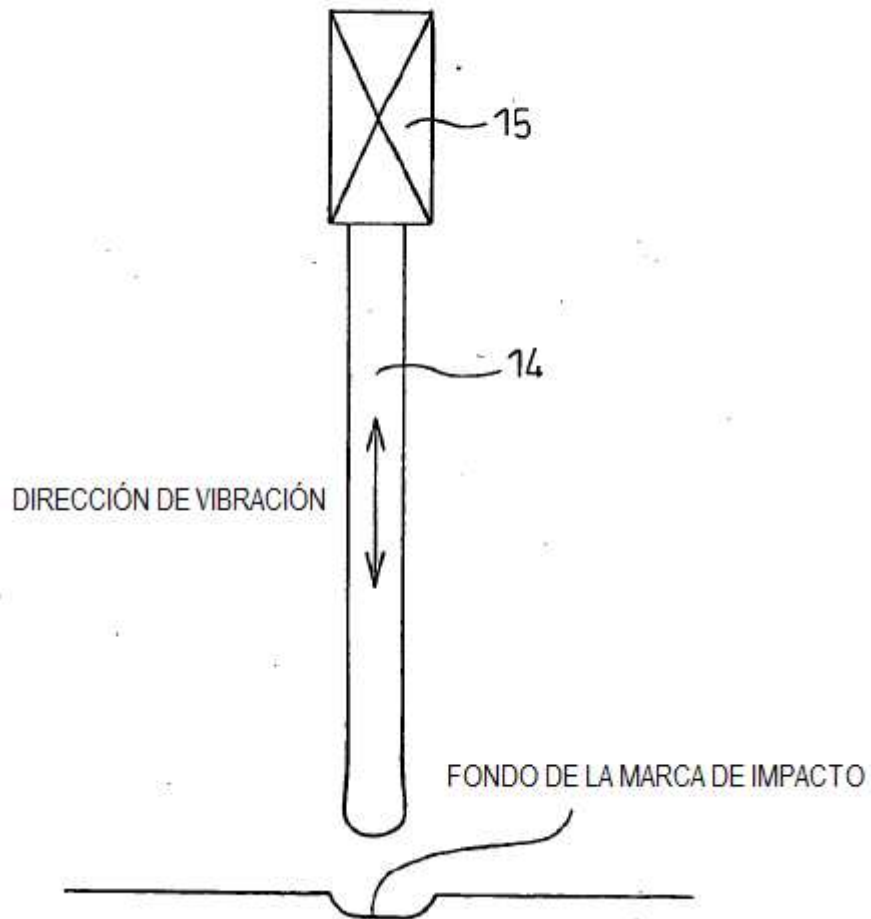


Fig.8

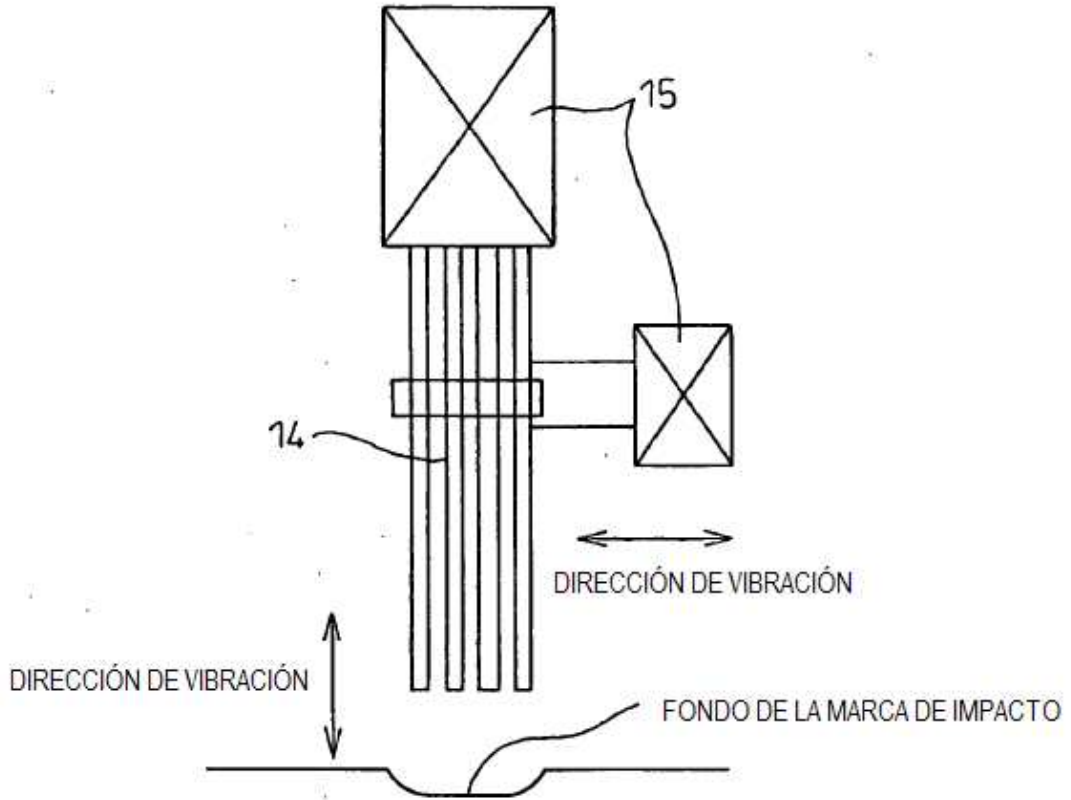


Fig.9

