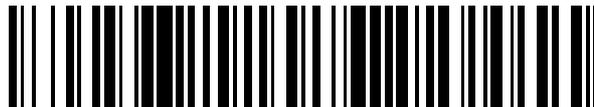


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 075**

51 Int. Cl.:

B23K 20/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2008 E 08736720 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2013 EP 2266745**

54 Título: **Herramienta para el soldeo de batido por fricción de dos piezas metálicas con una unión en ángulo que tiene un tetón y un hombro con forma de cuña.**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.03.2014

73 Titular/es:

FUNDACIÓN TECNALIA RESEARCH & INNOVATION (100.0%)
Parque Tecnológico de San Sebastián
Mikeletigi Pasalekua, 2
20009 San Sebastián (Gipuzkoa) ES

72 Inventor/es:

MARTINEZ DíEZ, LEONARDO;
PENALVA OSCOZ, MARI LUZ y
OTAEGUI MARTÍN, AMAIA

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 449 075 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

Herramienta para el soldeo de batido por fricción de dos piezas metálicas con una unión en ángulo que tiene un tetón y un hombro con forma de cuña

5

Campo de la invención

La presente invención pertenece al campo de las herramientas. Más concretamente, se refiere a una herramienta para el soldeo de batido por fricción de dos piezas metálicas que no formarán una unión plana, es decir, cuyo ángulo de unión es distinto a 180° (véase el preámbulo de la reivindicación 1).

10

Antecedentes de la invención

El soldeo de batido por fricción (FSW, por sus siglas en inglés de friction stir welding) lo ha inventado, patentado y desarrollado para su propósito industrial TWI (The Welding Institute), en Cambridge, Reino Unido. La patente US 5460317 describe dicho proceso de soldadura de batido por fricción y constituye el texto más descriptivo con respecto a esta nueva técnica de soldadura.

15

El soldeo por fricción es una técnica de unión en estado sólido, sin aporte de material en la que las características iniciales del material perduran. Mediante el uso de soldeo por fricción es posible soldar materiales diferentes de espesor considerable obteniendo excelentes propiedades mecánicas, provocando una muy ligera distorsión en las piezas soldadas.

20

El concepto básico es una herramienta giratoria no consumible con un tetón o rotor perfilado y un hombro o cilindro de sección transversal plana, diseñado específicamente para este fin. Dicho tetón es insertado entre los extremos adyacentes de las placas a soldar y atraviesa toda la línea de unión. Hay dos tipos de herramientas; la primera y más básica, es la herramienta rígida, donde el tetón no tiene un movimiento relativo con respecto al hombro. Por otra parte hay herramientas donde el tetón tiene un movimiento relativo con respecto al hombro, denominándose esta herramienta "herramienta de FSW con un tetón retráctil". El hombro de la herramienta gira solidario al tetón en la mayoría de las herramientas utilizadas, aunque también existen herramientas en las que el hombro no gira.

25

30

Las funciones que llevan a cabo tanto el tetón como el hombro son las siguientes. Por un lado el hombro ejerce una presión sobre las piezas a soldar. Dicha presión, junto con el giro, provoca un calentamiento que lleva a un estado plástico al metal que constituye las piezas metálicas, en la zona circundante al tetón. Una vez que los metales están en estado plástico, el tetón bate dichos metales, y, mediante su proceso de giro, arrastra el material alrededor de la herramienta, provocándose de este modo el soldeo según avanza la herramienta y se enfría el material. En el proceso de batido, el hombro proporciona un servicio adicional, que es el impedir que el material salga expulsado más allá del entorno de la herramienta, manteniendo al mismo de acuerdo con la geometría inicial.

35

El diseño utilizado hoy en día para efectuar el soldeo por fricción tiene un hombro adaptado para realizar uniones planas, por este motivo no es posible insertarlo en piezas que presenten cierto ángulo entre las mismas.

40

La patente japonesa JP 11320128, sobre la que se basa el preámbulo de la patente 1, describe una configuración para soldar dos paredes perpendiculares en las que el soldeo se realiza mediante un hombro, que se apoya en una cuña, y un tetón, girando ambos solidariamente. Dicha cuña tiene un agujero pasante para que el tetón pueda asomarse y penetrar en las piezas a soldar.

45

La herramienta descrita en esta patente tiene como inconveniente, que el hombro tiene una sección plana en cada una de las partes que rozan con la pieza. Esta sección plana, es la que debería realizar el forjado. Debido a la geometría de la misma, no sería posible realizar el forjado del material a soldar, ya que la herramienta se enclavaría. Por ello, esta geometría no sería adecuada para un correcto forjado del material. Por otra parte, esta fuerza es ejercida sobre el hombro de la herramienta con un cilindro giratorio que gira solidario al rotor perfilado o tetón, contra el hombro, con la consecuente generación de calor innecesario sobre la herramienta.

50

La solicitud internacional Nº WO-2007/132252-A1 desvela un método de batido por fricción que comprende el provocar que una sonda giratoria de una herramienta de batido por fricción se introduzca en una pieza o una junta entre un par de piezas, siendo cada pieza un metal o aleación metálica de baja conductividad y punto de fusión elevado. La sonda se extiende desde un hombro, o entre hombros, en contacto con las piezas y gira con respecto a cada hombro.

55

60

Además de los inconvenientes anteriormente mencionados, la inserción de la herramienta en la zona de unión presenta problemas en el caso de que haya errores geométricos en las piezas metálicas a unir.

Descripción de la invención

- La invención se refiere a una herramienta para el soldeo de batido por fricción de dos piezas metálicas con una unión en ángulo. La herramienta de la invención podrá ser empleada para soldar piezas metálicas que formen cualquier ángulo, siendo de aplicación preferente en aquellos casos en los que el ángulo de unión no sea plano. Normalmente el soldeo se realizará sobre dos piezas metálicas a 90°, aunque la invención puede emplearse, como ya se ha mencionado antes, para cualquier otro ángulo. La herramienta comprende un hombro y un tetón. El tetón sale, emerge, o aflora de dicho hombro.
- De acuerdo con la invención, el hombro está configurado en forma de cuña con dos paredes, formando las dos paredes de dicha cuña un ángulo sustancialmente igual al ángulo de la unión de las piezas metálicas. De este modo, el hombro podrá situarse convenientemente entre las dos piezas metálicas de forma ajustada, ejerciendo la presión necesaria para soldar ambas piezas e impidiendo que el material durante el proceso de batido se eyecte fuera de los elementos a soldar. Durante la realización de dicha soldadura, el hombro no girará. En el punto donde se encuentran dichas paredes del hombro se define una zona de interferencia. El contacto entre la herramienta y las piezas a unir tendrá lugar entre las caras planas de la herramienta y las piezas, manteniendo la condición de que las caras planas coincidan con las chapas a unir entre las caras planas adyacentes a la zona de interferencia de la herramienta y en los materiales a unir durante el soldeo o proceso de soldadura. La zona de interferencia cuenta con un primer borde de ataque y un segundo borde de fuga. El soldeo se llevará a cabo con un movimiento de avance del hombro, siendo el borde de ataque el que entra en contacto con las dos piezas metálicas que aún no se han soldado todavía, las piezas metálicas estarán soldadas una vez que el borde de fuga se retire de las piezas metálicas. Durante la soldadura la zona de interferencia penetrará en las piezas metálicas hasta que, como se mencionado antes, las paredes de la cuña hagan contacto con las piezas a unir. El tetón emerge de dicha zona de interferencia.
- La zona de interferencia podrá configurarse de modo que toda ella sea una protuberancia que emerja en el punto de encuentro de las dos paredes de la cuña. Dicha protuberancia permite concentrar la presión en el ángulo de unión de las dos piezas metálicas, así como separar la zona de interferencia de las paredes de la cuña, de modo que al realizar el soldeo dichas paredes no penetren en las piezas metálicas a soldar sino que únicamente entren en contacto las mismas.
- Dicho tetón podrá emerger de la zona media de la zona de interferencia.
- La zona de interferencia podrá tener un radio de curvatura mayor en los extremos de dicha cuña, es decir, en los extremos de ataque y de fuga, que en la zona media, es decir, la zona de la que emerge el tetón. El radio de curvatura en los extremos de ataque y de fuga podrá ser, por ejemplo, de 2 milímetros, mientras que los radios de curvatura en la zona media podrán ser, por ejemplo, de 0,5 milímetros. La evolución del radio de curvatura entre ambos extremos y la zona media será tal que el radio de curvatura disminuya progresivamente.
- Mediante dicha configuración se logran una serie de ventajas. En primer lugar, el radio mayor de los extremos de ataque y de fuga ayuda a la inserción de la herramienta en el caso de que se observen errores geométricos en las piezas a soldar. En segundo lugar, en la zona media con un radio de curvatura menor, se favorecerá que la herramienta penetre en el material y produzca un calentamiento focalizado en dicha zona media, ayudando a la realización del soldeo. Es precisamente por esta razón por la que el tetón sale o emerge de la zona media, para batir el metal en la zona calentada.
- La zona de interferencia podrá conformarse de tal modo que consista en una protuberancia que sobresalga de las paredes de la cuña. Dicha protuberancia ocupará, por ejemplo, los primeros 0,8 milímetros de las paredes de la cuña empezando en la zona de interferencia y sobresaliendo, por ejemplo, 0,1 milímetros de las paredes de la cuña. Uno de los fines de la protuberancia existente en la zona de interferencia es que dicha zona de interferencia pueda penetrar en las piezas metálicas a soldar sin que las paredes del hombro penetren en dichas piezas. Un posible procedimiento para formar esta protuberancia es realizar un rebaje en las paredes de la cuña de tal modo que tras el rebaje aparezca la protuberancia antes descrita. Las paredes de la cuña se apoyarán contra dichas piezas metálicas, sin penetrar en las mismas; por tanto la presión transmitida por el eje se aplicará únicamente en aquellos lugares donde la presión sea requerida. La zona de interferencia, y por lo tanto la herramienta, está diseñada para no penetrar más de este valor, en la realización mencionada anteriormente 0,1 milímetros, para provocar la deformación plástica del material y para producir el consiguiente calentamiento focalizado para ayudar a la realización del soldeo. Por este motivo, las paredes de la cuña no penetrarán en las piezas metálicas.
- El hombro podrá ser simétrico con respecto a un plano perpendicular a la zona de interferencia que corta dicha zona de interferencia en la zona media de dicha zona de interferencia. De este modo, los extremos de ataque y de fuga podrán ser similares e intercambiables, pudiéndose, en el caso de que uno de los extremos se desgaste, continuar soldando por el otro extremo, multiplicando así por dos la vida útil de la herramienta.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en los que con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

- Figura 1 Muestra una vista en perspectiva de la herramienta de la invención soldando dos piezas metálicas.
- Figura 2 Muestra una vista en perspectiva de la herramienta.
- 10 Figura 3 Muestra una vista en detalle de la zona de interferencia.
- Figura 4 Muestra una vista en detalle del extremo de ataque o de fuga.
- Figura 5 Muestra una vista superior de la herramienta, en la que se han realizado tres secciones.
- Figuras 5A-5C Muestran el perfil de la zona de interferencia en las tres secciones realizadas en la figura 5.
- Figura 6 Muestra una vista en sección de la herramienta en el proceso de soldadura.
- 15 Figura 6A Muestra una vista del tetón y del hombro en una situación previa al soldeo, donde la zona de interferencia no ha penetrado aún en las piezas metálicas a soldar.
- Figura 6B Muestra una vista del tetón y del hombro en el proceso de soldadura, donde la zona de interferencia ha penetrado en las piezas metálicas a soldar.
- Figura 7 Muestra una vista en sección detallada de la herramienta de esta invención.
- 20 Figura 8 Muestra una vista en perspectiva de una herramienta diseñada para soldar dos piezas metálicas con un ángulo de unión superior a 180°.

Realización preferente de la invención

25 A continuación, con referencia a las figuras, se describe un modo de realización preferente de la máquina herramienta para el soldeo de batido por fricción de dos piezas metálicas (1) con un ángulo de unión menor de 180° que constituye el objeto de esta invención.

30 La figura 1 muestra la máquina herramienta de esta invención realizando la soldadura de dos piezas metálicas (1) a un ángulo de 90°. El soldeo se está realizando de derecha a izquierda, observándose por tanto el borde de ataque (6) de la herramienta. Como puede observarse, la herramienta comprende un eje (9) y un hombro (2) que comprende una cuña. Dicha cuña presenta dos paredes, las cuales se cortan formando un ángulo igual al ángulo que forman las dos piezas metálicas (1), en este caso un ángulo de 90°. El eje (9) es el encargado de transmitir el movimiento de giro al tetón (3), y también transmite a su vez la presión necesaria al hombro (2).

35 La figura 2 muestra la herramienta de la invención con más claridad. En dicha figura puede observarse como el hombro (2) está configurado con forma de cuña. Dicha cuña presenta la divergencia de sus dos paredes sustancialmente igual a la divergencia de las dos piezas metálicas (1) a soldar, en este caso a 90°. Las dos paredes se encuentran en una zona de interferencia (5), de la que sale o emerge el tetón (3) por su zona media (10). Dicha zona de interferencia (5) presenta un extremo de ataque (6), que será el que entre en las dos piezas a soldar, y un extremo de fuga (7), que será el que abandone las piezas metálicas (1) una vez soldadas. En la realización que se describe, el hombro (2) es simétrico con respecto a un plano perpendicular a la zona de interferencia (5) que pasa por la zona media (10) de dicha zona de interferencia (5), por este motivo los dos extremos (6, 7) deberán ser idénticos y ambos podrán realizar las funciones del extremo de ataque o de fuga indistintamente. Por este motivo, en el caso de que el extremo de ataque (6) se desgaste de tal modo que ya no sea posible realizar la soldadura por este extremo, podrá girarse la herramienta y continuar realizando soldaduras por el otro extremo, de este modo, se duplica la vida útil de la herramienta.

40 La figura 3 muestra un detalle de la zona de interferencia (5), en particular desde el orificio por el que sale el tetón (3), hasta uno de los dos extremos (6, 7) de la zona de interferencia (5), ya sea el extremo de ataque (6) o el extremo de fuga (7); los cuales como ya se ha mencionado anteriormente son iguales. En dicha figura puede observarse como el radio de curvatura es, de acuerdo con la presente invención, mayor en el extremo de ataque (6) o de fuga, por ejemplo con un valor de 2 milímetros de radio, mientras que dicho radio de la zona de interferencia (5) disminuye progresivamente hasta que alcanza la zona que está cerca del orificio por el que sale el tetón (3), es decir, la zona media (10) de la zona de interferencia (5), donde alcanza su menor radio de curvatura, por ejemplo con un valor de 0,5 milímetros. Estos dos valores son dos valores orientativos y no limitativos, usados en esta realización, pero los siguientes valores serían igualmente válidos: 1,75 milímetros – 0,45 milímetros, o 1,65 milímetros -0,40 milímetros, es decir, cualquier par de valores en los que el radio de curvatura del extremo de ataque (6) y de fuga sea mayor que el radio de curvatura de la zona media (10) de la zona de interferencia (5).

50 El objetivo perseguido con esta diferencia de curvaturas es que el radio de curvatura en el extremo de ataque (6) sea suficiente para penetrar progresivamente en la pieza y compensar o mitigar posibles errores geométricos de las piezas metálicas (1). Según va disminuyendo el radio de curvatura, la zona de interferencia (5) es capaz de penetrar más profundamente en la línea de soldadura. La penetración será mayor en aquella zona en la que el radio de curvatura de la zona de interferencia (5) sea menor, es decir, en la zona media (10) de dicha zona de interferencia (5), es decir, donde se sitúa el tetón (3). Será pues en esta zona, la zona media (10), en la que la presión efectiva

del hombro (2) sea mayor, y por lo tanto, donde se concentrará el calor producido por la fricción, permaneciendo el resto de áreas del tetón (3) libres de este efecto. De este modo, el funcionamiento de la máquina es más eficiente dado que el calor se concentra únicamente en aquella zona en la que este se ha de producir. Es decir, en el lugar donde el tetón (3) está situado; por lo tanto la labor que este realiza se verá realizada por este calor concentrado.

5 La figura 4 muestra una optimización del diseño de la cuña. Dicha optimización consiste en que la zona de interferencia (5) que comprende una protuberancia que se proyecta 0,1 milímetros de las paredes de la cuña. Esta protuberancia ha de ser tal que, al penetrar la zona de interferencia (5) en la línea de soldadura, las paredes del
10 hombro (2) no impidan dicha penetración. Si se estima que la penetración de la zona de interferencia (5) es de un valor próximo pero inferior a 0,1 milímetros, el valor propuesto de 0,1 milímetros consigue el fin establecido. Mediante esta protuberancia las paredes del hombro (2) no afectarán ni impedirán la penetración de la herramienta, y del mismo modo permitirán el guiado de dicha herramienta dado que estarán cerca o en contacto con las piezas metálicas (1) a soldar. En el caso mostrado en las figuras, dicha protuberancia se ha realizado mediante una
15 reducción (8) en las paredes de la cuña, siendo esta reducción (8) de 0,1 milímetros.

Con el fin de suavizar las posibles aristas vivas existentes en el hombro (2), por ejemplo en zonas como el punto de encuentro entre la reducción (8) de la pared (4) de la cuña y la zona de interferencia (5), se han previsto que dichas aristas estén redondeadas con un radio menor de 0,2 milímetros. Con las redondeces que estos arcos crean, se logra suavizar los perfiles y minimizar el riesgo de rotura de la herramienta.

20 En el proceso de fabricación del hombro (2), primero se realiza el radio progresivo desde los extremos de la pieza hasta el centro de la herramienta. Después se realizan las reducciones en las paredes de la cuña, que tienen una profundidad de 0,1 milímetros, pero dejando en la zona de interferencia (5), una protuberancia de 0,8 milímetros. Por último, se realizan los redondeos de las aristas vivas.

25 Para complementar las figuras 3 y 4, las figuras 5, 5A, 5B y 5C muestran una evolución de la zona de interferencia (5) en tres puntos distintos del hombro (2). En dichas figuras aparece un radio menor en todas ellas; el cual correspondería al radio en el plano medio del hombro (2), es decir, en el punto por el que sale o emerge el tetón (3), estando este plano representado en la figura 5C. Según el plano de corte se aleja de este plano medio, figuras 5A y
30 5B, aparece un radio mayor que alcanza su máximo en los dos extremos (6, 7) de la herramienta.

La figura 6 muestra una vista en sección de la herramienta en la que puede observarse el funcionamiento del tetón (3). Como puede verse, el eje (9) proporciona simultáneamente un movimiento giratorio que permite al tetón (3) penetrar en las piezas metálicas (1) a soldar y progresar a lo largo de la línea de soldadura, y adicionalmente transmite suficiente presión al hombro (2) para que forje el material de las piezas metálicas (1) batido por el tetón, para llevarlas a un estado de plasticidad necesario para efectuar el soldeo. La vista de detalle de la figura 6A muestra como el tetón (3) ha penetrado en las dos piezas metálicas (1); sin embargo no se está realizando todavía el soldeo, dado que la zona de interferencia (5) no ha penetrado todavía en las piezas metálicas (1) a soldar. En la figura 6B puede observarse como la zona de interferencia (5) y la protuberancia que esta forma ha penetrado en las
35 piezas metálicas (1) a soldar. Esta penetración provoca el calentamiento del ángulo de unión o línea de soldadura de las dos piezas metálicas (1) a soldar; sin el cual el soldeo no podría producirse (ni realizarse la soldadura).

La figura 7 muestra un detalle de la herramienta descrita en la que puede observarse cómo el eje (9) transmite simultáneamente un movimiento giratorio al tetón (3) y presión al hombro (2). El eje (9) transmite la presión mediante una arandela unida solidariamente al eje y topa contra un casquillo unido a la estructura del hombro mediante un número de rodamientos. La presión del eje (9) transmitida al casquillo a través de la arandela se transmite al hombro (2) y se aplica en la zona de interferencia (5). Del mismo modo, el eje (9) adicionalmente gira, y este movimiento de giro se transmite al tetón (3) a través de un medio de vinculación situado en el extremo del eje (9). Estos dos movimientos del eje, el de presión y el de giro permiten realizar el soldeo a la herramienta descrita.

45 Hasta ahora se ha comentado un hombro (2) con un ángulo menor de 180°, en concreto 90°. Cualquier otro ángulo menor de 180° tendría un aspecto similar al descrito en las figuras anteriores. La figura 8 muestra el aspecto de un hombro (2) diseñado para un ángulo mayor que 180°. Dicho hombro (2) puede ser de aplicación cuando no sea posible realizar el soldeo en la cara interior de las piezas metálicas (1) o bien cuando se haga necesario soldar las
50 piezas tanto por el interior como por el exterior. Como puede observarse, las características del hombro (2) permanecen, y puede observarse que el hombro (2) forma el mismo ángulo que las piezas metálicas a soldar (1), no mostradas; asimismo también aparece una zona de interferencia (5) la cual es capaz de penetrar el ángulo de unión durante la soldadura. En el caso de que se deseara soldar dos piezas metálicas (1) que formen un plano, la invención sería también de aplicación. En este caso el calor obtenido anteriormente por el giro del hombro (2) ahora se produciría por la penetración de la zona de interferencia (5) en la línea de soldadura.
55
60

A la vista de esta descripción y del juego de dibujos, un experto en la materia podrá entender que la invención se ha descrito según una realización preferente de la misma, pero que múltiples variaciones podrían introducirse en dicha realización preferente, sin salirse del objeto de la invención tal y como aquí se reivindica.

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Herramienta para el soldeo de batido por fricción de dos piezas metálicas (1) con una unión en ángulo, que comprende un hombro (2) y un tetón (3) que sale de dicho hombro (2), en la que el hombro (2) tiene forma de cuña con dos paredes; formando las dos paredes de dicha cuña un ángulo sustancialmente igual al ángulo de la unión de las piezas metálicas (1), comprendiendo dicho hombro (2) una zona de interferencia (5) en el punto de encuentro de dichas dos paredes, con un primer extremo de ataque (6) y un segundo extremo de fuga (7); estando dicha zona de interferencia (5) configurada para, penetrar en las piezas metálicas (1) hasta que las paredes de la cuña entren en contacto con las piezas a unir (1), emergiendo el tetón (3) de dicha zona de interferencia (5), **caracterizada por que**
- 10 la zona de interferencia (5) comprende una protuberancia en el punto de reunión de las dos paredes de la cuña, en el donde tetón (3) emerge de una zona media (10) de la zona de interferencia (5) y la zona de interferencia (5) presenta un radio de curvatura mayor en el extremo de ataque (6) y en el extremo de fuga (7) que en la zona media (10) de la zona de interferencia (5).
- 15 2- Herramienta para el soldeo de batido por fricción según la reivindicación 1, **caracterizada por que** el radio de curvatura de la zona de interferencia (5) disminuye progresivamente desde el extremo de ataque (6) y el extremo de fuga (7) a la zona media (10) de dicha arista.
- 20 3. Herramienta para el soldeo de batido por fricción según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, **caracterizada por que** las paredes de la cuña presentan fuera de la zona de interferencia (5) una reducción (8) en la superficie que está en contacto con las dos piezas metálicas (1) durante el soldeo.
- 25 4. Herramienta para el soldeo de batido por fricción según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizada por que** el hombro (2) es simétrico con respecto a un plano que es perpendicular a la zona de interferencia (5) y que corta dicha zona de interferencia (5) en la zona media (10) de dicha zona de interferencia (5).
- 30 5. Herramienta para el soldeo de batido por fricción según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizada por que** el radio de curvatura de la zona de interferencia (5) en el primer extremo de ataque (6) y en el segundo extremo de fuga (7) es menor de 2 milímetros.
- 35 6. Herramienta para el soldeo de batido por fricción según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, **caracterizada por que** el radio de curvatura de la zona de interferencia (5) en la zona media (10) es menor de 0,5 milímetros.
7. Herramienta para el soldeo de batido por fricción según la reivindicación 3, **caracterizada por que** la reducción (8) en las paredes de la cuña es menor de 0,1 milímetros.
- 40 8. Herramienta para el soldeo de batido por fricción según la reivindicación 1, **caracterizada por que** la protuberancia ocupa los primeros 0,8 milímetros de la cuña a partir de la zona de interferencia (5).
9. Máquina herramienta que comprende una herramienta según las reivindicaciones 1-7.

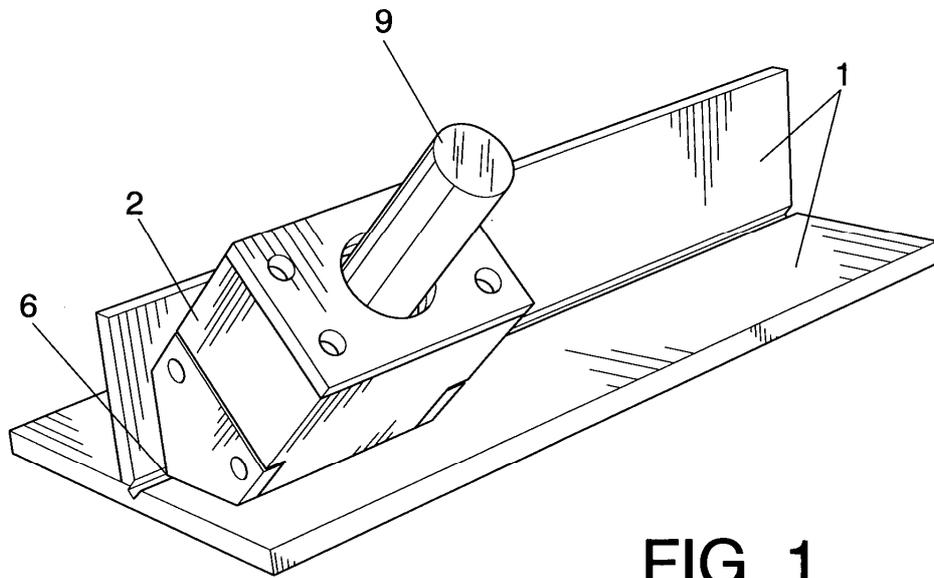


FIG. 1

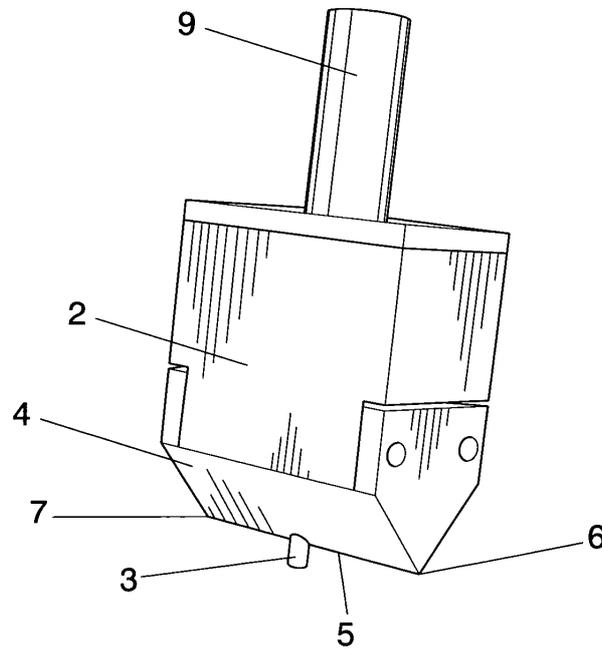


FIG. 2

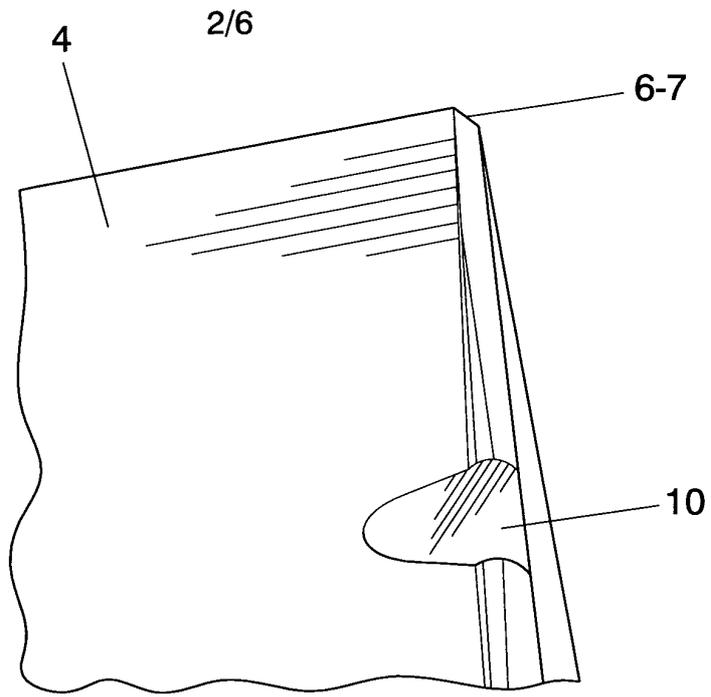


FIG. 3

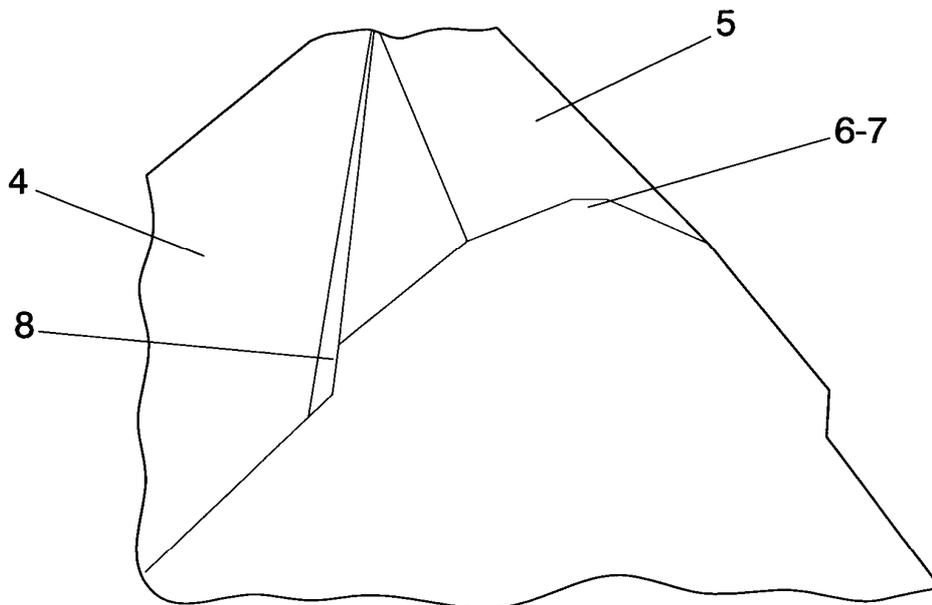


FIG. 4

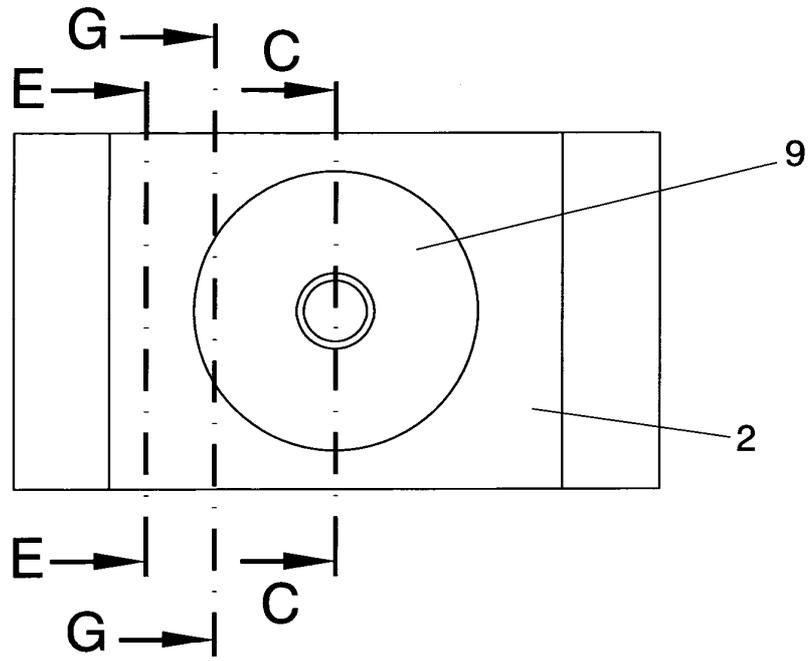
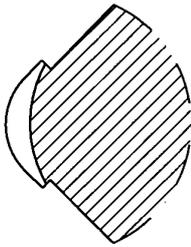
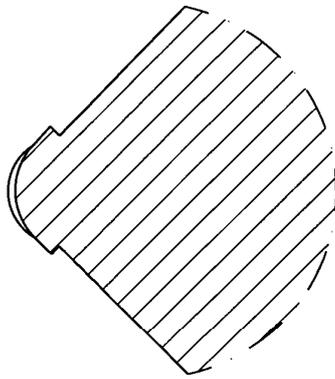


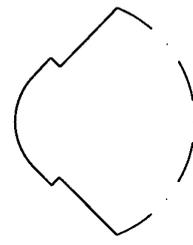
FIG. 5



**E-E
FIG. 5A**



**G-G
FIG. 5B**



**C-C
FIG. 5C**

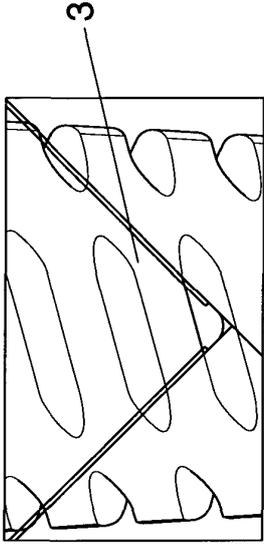


FIG. 6A

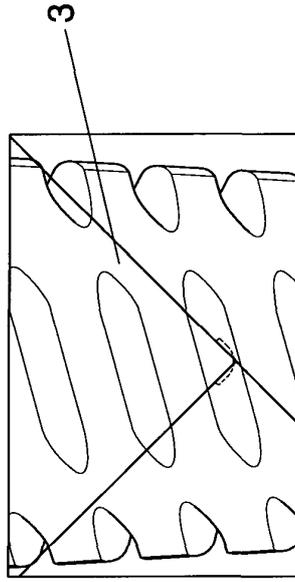


FIG. 6B

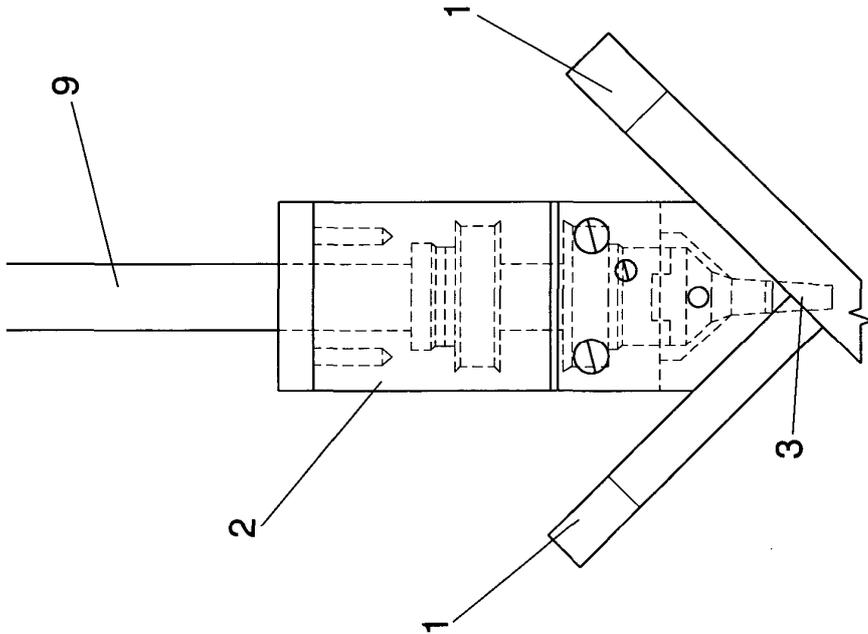


FIG. 6

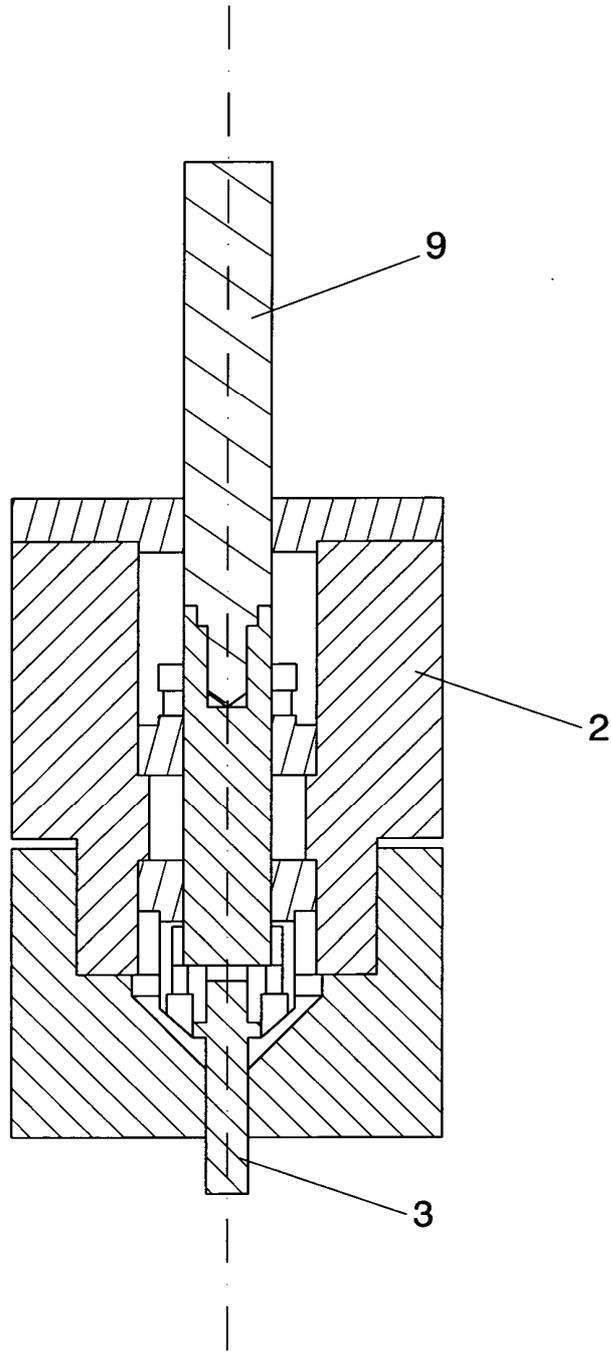


FIG. 7

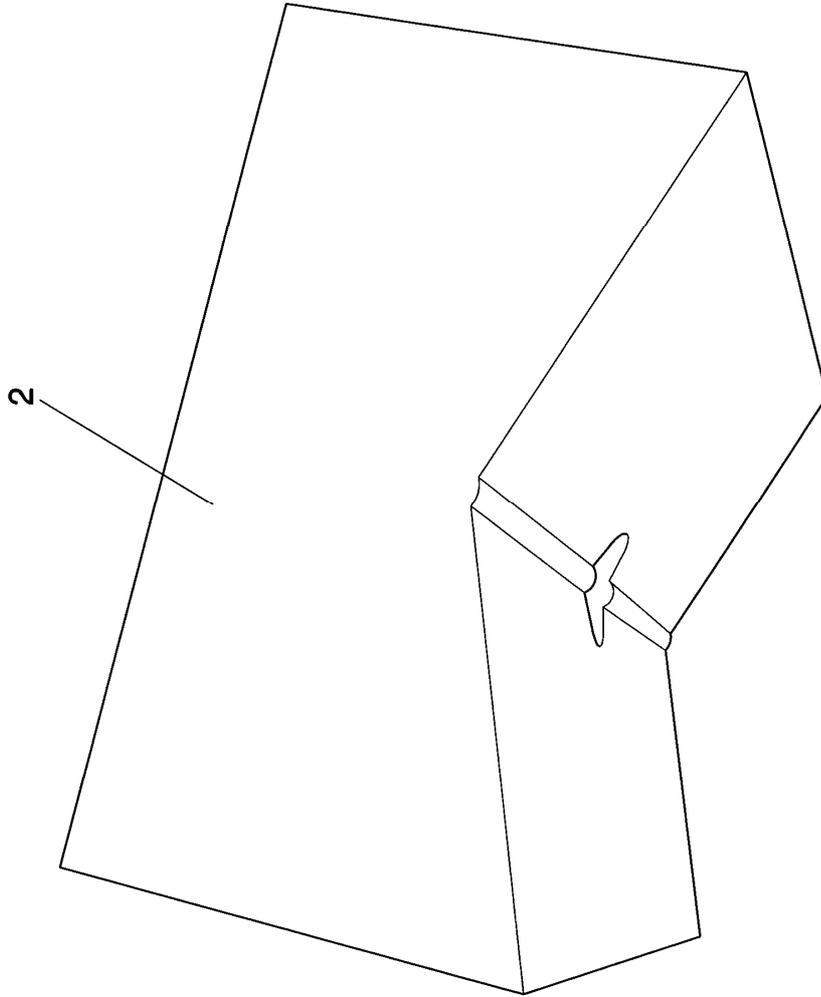


FIG. 8