

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 301**

51 Int. Cl.:

**B23K 11/11** (2006.01)

**B23K 11/24** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.05.2010** **PCT/US2010/036034**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.02.2011** **WO11019430**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2010** **E 10731851 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2019** **EP 2464490**

54 Título: **Procedimientos y sistemas para soldadura por puntos de resistencia utilizando micropulsos de corriente directa**

30 Prioridad:

**14.08.2009 US 234019 P**

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

**18.02.2020**

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.0%)**  
**24-26 Boulevard d'Avranches**  
**1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**HOU, WENKAO**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 743 301 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

Procedimientos y sistemas para soldadura por puntos de resistencia utilizando micropulsos de corriente directa

## 5 CAMPO DE LA INVENCION

**[0001]** La presente invención se refiere a soldadura, y más particularmente a procedimientos y sistemas para soldadura por puntos de resistencia utilizando micropulsos de corriente directa; incluyendo soldadura por puntos de resistencia, que incluye un procedimiento de soldadura por puntos de resistencia que puede utilizarse para soldar  
10 materiales de lámina iguales o similares con vida de electrodo extendida, rango de corriente de soldadura mejorado, tamaño de soldadura grande (alta resistencia de junta soldada) y la microestructura más fina en la pepita de soldadura. Este procedimiento es particularmente adecuado para (pero sin limitación) unir metales de lámina con diferentes revestimientos (pesados, oxidados), tales como USIBOR, aceros de lámina galvanizados en inmersión caliente, etc.

## 15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

**[0002]** En un ejemplo típico de soldadura por puntos de resistencia, un par de electrodos sujeta dos o más piezas de materiales juntas mediante una fuerza predeterminada, y pasa la corriente de soldadura entre las puntas de los electrodos a través de las piezas de materiales. A medida que la corriente de soldadura fluye a través de las piezas  
20 de materiales, la resistencia de los materiales al flujo de corriente hace que los materiales se calienten a su punto de fusión inherente. El material fundido resultante se solidifica bajo la fuerza de sujeción predeterminada para formar la junta soldada, o pepita.

**[0003]** Los procedimientos de soldadura por puntos de resistencia convencionales utilizados para soldar dos o  
25 más piezas de materiales de lámina juntos pueden aplicar corriente alterna (CA) o corriente continua (CC). El rango de corriente operativo se define como los valores de corriente de soldadura entre la corriente de soldadura para el tamaño de soldadura mínimo diseñado (la corriente de soldadura mínima) y la corriente de soldadura de expulsión (la corriente soldadura máxima). La entrada de corriente de soldadura puede ser uno o más pulsos. El tiempo de cada pulso de corriente de soldadura puede variar de un ciclo por segundo a sesenta ciclos o más por segundo.

**[0004]** El rango de corriente de soldadura se define como la diferencia entre la corriente de soldadura de límite inferior (es decir, el mínimo) requerida para producir el tamaño de pepita de soldadura mínimo y la corriente soldadura de límite superior (es decir, la máxima) que causa salpicadura de metal fundido. Las pruebas de capacidad de soldadura de la soldadura por puntos de resistencia (RSW) han revelado que cuando se emplea el modo de corriente  
35 de soldadura CC no hay rango de corriente de soldadura estable para un calibre fino (0,91 mm) USIBOR® 1500P y un rango de corriente soldadura muy estrecho para 1,52 mm de USIBOR® 1500P. Las pruebas de capacidad de soldadura RSW también han mostrado que cuando se utiliza corriente de soldadura CA existe un rango de corriente de soldadura estable. Los resultados experimentales indican que la velocidad de deterioro de la cara de punta de electrodo para CC es mucho más alta que para CA. El uso de fuerza de soldadura superior, tiempo de soldadura más  
40 prolongado y electrodos de mayor tamaño pueden ampliar el rango de corriente de soldadura para soldadura CC. Sin embargo, los resultados experimentales también descubrieron que la mejora para la vida del electrodo es muy limitada para optimización de parámetro de soldadura.

**[0005]** Tanto el equipo de soldadura de resistencia de corriente continua (CC) de baja frecuencia como el  
45 equipo de soldadura de resistencia de corriente continua de frecuencia media (MFDC) generan salida de corriente CC secundaria constante para soldadura. El equipo de soldadura de resistencia de corriente continua de frecuencia media (MFDC) utiliza pulsos de frecuencia de 400 a 2.500 Hz en lugar de la frecuencia de corriente alterna base (50 o 60 Hz) para transformar la corriente primaria en corriente secundaria. Por lo tanto, el tamaño de equipo de soldadura MFDC se reduce significativamente en comparación con el equipo de soldadura CA y CC de baja frecuencia. La  
50 corriente de soldadura de salida de equipo de soldadura de resistencia MFDC permanece constante. Además, el equipo de soldadura MFDC no causa interrupciones de la línea de suministro de energía como es el caso con el equipo de soldadura CC y CA de baja frecuencia.

**[0006]** El equipo de soldadura por puntos de resistencia MFDC se utiliza ampliamente en industrias  
55 automotrices, de aparatos y de fabricación de aeronaves debido a su pequeño tamaño, ligereza y capacidad de control, y es particularmente adecuado para aplicaciones robóticas. Por otro lado, el tamaño, peso, y/o control de equipo RSW CA no es adecuado para las mismas aplicaciones. Por lo tanto, será ventajoso desarrollar un procedimiento de soldadura por puntos de resistencia innovador para obtener un procedimiento de soldadura por puntos de resistencia fuerte con mayores rangos de corriente de soldadura, una vida del electrodo extendida, microestructura fina en la  
60 pepita de soldadura, resistencia de junta soldada excelente, o cualquier combinación de estas características.

**[0007]** El documento CN 2 357 875 describe una máquina de doble propósito de revestimiento con brocha de impulso de corriente directa y de soldadura por resistencia de microimpulsos.

## RESUMEN DE LA INVENCION

**[0008]** Las realizaciones descritas en el presente documento proporcionan procedimientos y sistemas para soldadura por puntos de resistencia utilizando micropulsos de corriente directa.

5 **[0009]** Por ejemplo, una realización de procedimientos y sistemas para soldadura por puntos de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua comprende un procedimiento según la reivindicación 1. Otra realización de procedimientos y sistemas para soldadura por puntos de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua comprende un sistema según la reivindicación 11.

10 **[0010]** Otras realizaciones y detalles adicionales sobre diversos aspectos de la invención, incluyendo aparatos, sistemas, procedimientos, equipos, artículos, ensamblajes y similares que constituyen parte de la descripción, se harán más evidentes tras la lectura de la siguiente descripción detallada de las realizaciones ilustrativas y al ver los dibujos. Se debe entender que la invención no está limitada en su aplicación a los detalles expuestos en la siguiente descripción, figuras, y reivindicaciones, sino que es adecuada para otras realizaciones y puede ponerse en práctica o  
15 realizarse de diversas maneras.

## BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

**[0011]** Estas y otras características, aspectos, y ventajas de la invención se entienden mejor cuando se lee la  
20 siguiente Descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es un diagrama de flujo de un primer procedimiento para soldadura por puntos de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua según una realización de la invención;  
la figura 2 es un diagrama de flujo de un segundo procedimiento para soldadura por puntos de resistencia que utiliza  
25 micropulsos de corriente continua según una realización de la invención;  
la figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema para soldadura por puntos de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua según una realización de la invención;  
la figura 4 es un gráfico que muestra un ejemplo de formas de onda de corriente de soldadura medidas para un procedimiento MPDC, un procedimiento MFDC convencional, y un procedimiento CA convencional según una  
30 realización de la invención;  
la figura 5 es un gráfico que muestra un ejemplo de comparaciones de rango de corriente de soldadura medidas de un procedimiento MFDC convencional y un procedimiento MPDC según una realización de la invención;  
la figura 6 es un gráfico que muestra un ejemplo de comparaciones del tamaño de soldadura y la corriente de soldadura medidas de un procedimiento MFDC convencional y un procedimiento MPDC según una realización de la invención;  
35 y  
las figuras 7A y 7B son ilustraciones de las microestructuras de las pepitas de soldadura formadas respectivamente mediante un procedimiento CC convencional y un procedimiento MPDC según una realización de la invención.

## DESCRIPCION DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

40 **[0012]** Ahora se hará referencia en detalle a realizaciones y procedimientos ilustrativos de la invención como se ilustra en los dibujos adjuntos, en los que los caracteres de referencia similares designan partes similares o correspondientes a través de los dibujos. Sin embargo, se debe observar que la invención en sus aspectos más amplios no está limitada a los detalles específicos, dispositivos y procedimientos representativos, y ejemplos  
45 ilustrativos mostrados y descritos en relación con las realizaciones y procedimientos ilustrativos.

**[0013]** En un ejemplo ilustrativo para soldadura por puntos de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua, un par de electrodos fija dos piezas de materiales (es decir, la pieza de trabajo) entre sí por una fuerza de soldadura o sujeción predeterminada. El par de electrodos puede comprender una aleación a base de cobre, y fijar las  
50 piezas de material entre sí por una fuerza de soldadura diseñada, tal como aproximadamente 5 kN. Un controlador de soldadura está en comunicación con los electrodos y configurado para controlar uno o más parámetros de soldadura, incluyendo la fuerza de soldadura, magnitud de corriente de soldadura, duración de soldadura, número total de soldaduras, y duración de tiempo de desconexión.

55 **[0014]** El par de electrodos aplica una pluralidad de micropulsos de corriente continua al menos a dos piezas de materiales entre el par de electrodos. La pluralidad de micropulsos de corriente continua puede comprender una serie de pulsos de corriente continua cortos (por ejemplo, un milisegundo a diez milisegundos) separados por una serie de tiempos de desconexión cortos. La magnitud de cada micropulso de corriente continua puede ser de uno a más de 20 000 amperios (por ejemplo, 5000 amperios). Al utilizar una secuencia de micropulsos de corriente continua,  
60 las dos piezas de materiales se funden localmente, formando de esa forma una junta de soldadura que une las dos piezas de materiales entre sí.

**[0015]** Haciendo referencia ahora a los dibujos en los que números similares indican elementos similares a través de las varias figuras, la figura 1 es un diagrama de flujo de un primer procedimiento para la soldadura por puntos  
65 de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua según la realización de la invención. El procedimiento

comienza con un par de electrodos que aplican una pluralidad de micropulsos de corriente continua al menos a dos piezas de material en 102. Los materiales pueden comprender diversas sustancias adecuadas para soldadura por puntos de resistencia, tal como uno o más tipos de metal, tal como acero. El calibre del material de soldadura puede variar basándose en el diseño de la junta soldada. Por ejemplo, en una realización, las al menos dos piezas de materiales comprenden dos piezas de acero de 0,91 mm USIBOR® 1500P.

**[0016]** Cada micropulso de corriente continua puede comprender un pulso de uno a más de veinte kiloamperios (kA) con una duración de 1 a 10 milisegundos (ms). En otras realizaciones, un micropulso de corriente continua puede durar durante aproximadamente 1 a 10 ms, y tener una magnitud de 1-20 kA (es decir, 1000 amperios-20 000 amperios). Cada micropulso de corriente continua puede estar separado por un tiempo de desconexión de corriente de soldadura. Cada tiempo de desconexión de corriente de soldadura puede durar aproximadamente de 1 a 10 ms. Durante el tiempo de desconexión de corriente de soldadura, no se aplica ninguna corriente o se aplica una corriente muy baja al menos a dos piezas de materiales.

**[0017]** En algunas realizaciones, los tiempos de desconexión de corriente de soldadura pueden ser substancialmente de la misma duración que el tiempo de encendido de corriente de soldadura (o duración de micropulso). En otras realizaciones, el tiempo de desconexión de corriente de soldadura es diferente al tiempo de encendido de corriente de soldadura.

**[0018]** Al aplicar una pluralidad de micropulsos de corriente continua, se forma una junta de soldadura que une al menos dos piezas de materiales entre sí en 104. Una o más juntas de soldadura, o pepitas de soldadura, se pueden formar o crear. En una realización, se crea una pluralidad de juntas de soldadura a lo largo de una costura entre dos materiales.

**[0019]** La figura 2 es un diagrama de flujo de un segundo procedimiento para soldadura por puntos de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua según una realización de la invención. En la etapa 202, al menos dos piezas de materiales se fijan entre sí. Un par de electrodos puede fijar los materiales juntos a una fuerza de soldadura predeterminada. La fuerza predeterminada puede ser de aproximadamente 1-10 kilonewtons (kN). Como ejemplo, los electrodos pueden fijar las piezas de material con una fuerza de aproximadamente 5 kN. En algunas realizaciones, más de dos piezas de material se fijan entre sí.

**[0020]** Después, se aplica un micropulso de corriente continua al menos a dos piezas de materiales en 204. La magnitud de cada uno de los micropulsos de corriente continua puede estar entre 1 kA y 20 kA. La duración de cada uno de los micropulsos de corriente continua puede ser entre 1 ms y 10 ms.

**[0021]** Después de aplicar el micropulso de corriente continua en 204, la corriente de soldadura se desconecta durante un tiempo de desconexión en 206. Durante el tiempo de desconexión 206, puede no aplicarse corriente, o aplicarse una corriente muy baja. La duración del tiempo de desconexión puede ser entre 1 ms y 10 ms.

**[0022]** Las etapas 204 y 206 pueden repetirse como sea necesario para formar la junta de soldadura. La resistencia de soldadura se determina por el número total y la duración de cada microimpulso de corriente continua 204 y el tiempo de desconexión 206. Durante el procedimiento mostrado en la figura 2, los micropulsos de corriente continua 204 calientan el material localizado entre los dos electrodos a una temperatura de fusión, formando así la junta soldada, o pepita de soldadura.

**[0023]** La figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema para soldadura por puntos de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua según una realización de la invención. Como se muestra en la figura 3, el dispositivo comprende un primer electrodo 302 y un segundo electrodo 304. El primer electrodo 302 y el segundo electrodo 304 se muestran ambos en comunicación con un controlador de soldadura 310.

**[0024]** El primer electrodo 302 y el segundo electrodo 304 sujetan, o mantienen juntas, una primera pieza de material 306 y una segunda pieza de material 308. Los electrodos de 302, 304 mantienen los materiales 306, 308 juntos por una fuerza predeterminada. El primer electrodo 302 y un segundo electrodo 304 están configurados para aplicar un pulso eléctrico, tal como un micropulso de corriente continua, a la pieza de trabajo.

**[0025]** El controlador de soldadura 310 puede controlar diversos parámetros de soldadura del procedimiento de soldadura. Los parámetros de soldadura comprenden la fuerza de soldadura, la frecuencia de soldadura (es decir, la duración de los pulsos de soldadura y los tiempos de desconexión), el tiempo de soldadura total (es decir, el número total de los pulsos de soldadura), y la corriente de soldadura. El controlador de soldadura 310 puede manipular los diversos parámetros de soldadura basándose, al menos en parte, en características específicas de un proyecto de soldadura. Por ejemplo, el controlador de soldadura 310 puede controlar uno o más parámetros de soldadura basándose, al menos en parte, en uno o más de un diseño de junta de una junta de soldadura que une al menos dos piezas de material entre sí, un calibre de al menos uno de al menos dos piezas de materiales, un revestimiento de al menos una de al menos dos piezas de materiales, una composición química de material de al menos una de al menos dos piezas de materiales, una o más propiedades mecánicas de al menos una de al menos dos piezas de materiales,

un tamaño del par de electrodos, o una magnitud de la fuerza de soldadura.

**[0026]** En algunas realizaciones, los controladores de soldadura por puntos de resistencia MFDC comercialmente disponibles pueden utilizarse como el controlador de soldadura 310. Como un ejemplo, el controlador de soldadura 310 puede comprender el Control de soldaduras Serie 3000 de Welding Technology Corporation.

**[0027]** La figura 4 es un gráfico que muestra un ejemplo de formas de onda de corriente de soldadura medidas para un procedimiento MPDC, un procedimiento MFDC convencional, y un procedimiento CA convencional según una realización de la invención. El eje y, como se muestra a la izquierda, representa la corriente, medida en miles de amperios (kA). El eje x representa el tiempo de soldadura, medido en milisegundos (ms). Según la realización mostrada en la figura 4, las formas de onda, o las mediciones de corriente en el tiempo, se muestran para una corriente continua de micropulso 402, corriente continua de equipo de soldadura MFDC 404, y corriente alterna 406.

**[0028]** Como se muestra en la figura 4, un procedimiento convencional para soldadura por puntos de resistencia aplica una corriente continua estable 404 a la pieza de trabajo. La corriente continua estable 404 puede ser de aproximadamente 5 kA (esta corriente varía de 1 a más de 20 kA basándose en los materiales unidos y el calibre), y dura lo que la duración de los procedimientos de soldadura. Otro procedimiento convencional para soldadura por puntos de resistencia aplica una corriente alterna 406 a la pieza de trabajo. Como se muestra en la figura 4, la corriente alterna 406 alterna periódicamente entre aproximadamente siete negativo (-7) kA y siete positivo (+7) kA con un periodo de aproximadamente 15 ms (la corriente varía de 1 a más de 20 kA basándose en los materiales unidos y el calibre).

**[0029]** A diferencia de procedimientos de soldadura por puntos de resistencia convencionales, la soldadura por puntos de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua 402 utiliza una secuencia de pulsos cortos de corriente continua, o micropulsos. Dichos pulsos cortos de corriente continua (es decir, micropulsos) contrastan con un ciclo de pulsación de corriente convencional, que típicamente implica anchos de púa de pulsación en exceso de 40 ms. Como se muestra en la figura 4, cada micropulso dura aproximadamente 4 ms, y va seguido de un tiempo de desconexión que dura aproximadamente 4 ms. La duración de la corriente de pulso y el tiempo de desconexión posterior únicamente pueden durar algunos milisegundos, por ejemplo, aproximadamente de 1 a 10 ms. En una realización, el micropulso de corriente continua y el tiempo de desconexión duran cada uno 1 ms. En otras realizaciones, el micropulso de corriente continua y el tiempo de desconexión duran cada uno 2 ms, 3 ms, 3,5 ms, 4 ms, 4,5 ms, 5 ms, o 10 ms.

**[0030]** El tiempo de desconexión entre micropulsos de corriente continua puede ser de longitud comparable, por ejemplo, aproximadamente de 1 a 10 ms. En algunas realizaciones, la longitud del micropulso de corriente continua es substancialmente igual a la longitud del tiempo de desconexión. En otras realizaciones, la longitud del micropulso de corriente continua es diferente de la longitud del tiempo de desconexión. Como un ejemplo, una soldadura que tiene 100 micropulsos de corriente continua puede tener un tiempo de soldadura total de aproximadamente 800 ms, durando cada micropulso de corriente continua 5 ms, y durando cada ciclo de tiempo de desconexión 3 ms. La pluralidad de micropulsos de corriente continua puede contabilizarse en cualquier lugar de 3 o más, por ejemplo, 5, 10, 50, 80, 100, o más micropulsos.

**[0031]** La magnitud de la corriente soldadura para cada micropulso, los tiempos de encendido y desconexión de corriente de soldadura, y el número total de micropulsos (o el tiempo de soldadura total) pueden ajustarse del controlador de corriente de soldadura del soldador por puntos de resistencia basándose en el diseño de junta soldada. La magnitud del micropulso de corriente continua puede basarse, al menos en parte, en las propiedades de los materiales y el calibre a soldar entre sí. Por ejemplo, la magnitud del micropulso de corriente continua puede basarse en: el calibre de la pieza trabajo, un revestimiento de la que pieza de trabajo, la composición química del material de la pieza de trabajo, las propiedades mecánicas de la pieza de trabajo, el tamaño de los electrodos, la fuerza de soldadura aplicada, y los tiempos de soldadura totales.

**[0032]** La soldadura por puntos de resistencia micropulso ofrece varias ventajas sobre los procedimientos de soldadura por puntos convencionales. Una ventaja de la soldadura por puntos de resistencia de micropulso es una vida útil más prolongada de la punta de electrón. En procedimientos de soldadura por puntos convencionales, los electrodos pueden degradarse, y tienen una vida útil de menos de 200 soldaduras. Sin embargo, utilizando soldadura por puntos de resistencia de micropulso, la vida de electrodo puede extenderse a 500 o más soldaduras.

**[0033]** La figura 5 es un gráfico que muestra un ejemplo de comparaciones de rango de corriente de soldadura medidas de un procedimiento MFDC convencional y un procedimiento MPDC según una realización de la invención. Un procedimiento de soldadura por puntos de resistencia de corriente continua de frecuencia media convencional se representa por curvas CC 502, 504. Un procedimiento de soldadura por puntos de corriente continua de micropulso según una realización de la invención se representa por curvas MPDC 506, 508. Tanto las soldaduras de corriente continua convencionales como de micropulso se midieron durante un procedimiento de soldadura utilizando USIBOR® 1500P de 0,91 mm. Durante el procedimiento de soldadura, un par de electrodos de cúpula, cada uno con un diámetro de 6,0 mm, sujetó el USIBOR® 1500P de 0,91 mm con una fuerza de 5,0 kN. El tiempo de soldadura fue de 20 ciclos.

**[0034]** Un primer par de curvas, diámetro de impresión CC 502 y diámetro de impresión MPDC 506, ilustra el diámetro de una impresión de punta de electrodo durante un procedimiento de soldadura probado. Para estas curvas de diámetro de impresión, el eje y a la izquierda del gráfico representa el diámetro de la impresión en milímetros (mm), y el eje x representa el número soldaduras. Un segundo par de curvas, corriente CC 504 y corriente MPDC 508, ilustra el rango de corriente medido durante un procedimiento de soldadura probado. Para estas curvas de rango de corriente, el eje y a la derecha del gráfico representa la corriente en kA, y el eje x representa el número de soldaduras.

**[0035]** Según el diámetro de impresión MPDC 506, después de 500 soldaduras, las soldaduras de corriente continua de micropulso mantuvieron un tamaño de impresión de punta de electrón relativamente estable (aproximadamente 4,5 mm en comparación con el diámetro de cara de punta original de 5,0 mm) con un rango de corriente entre aproximadamente 2,11 kA y aproximadamente 1,72 kA. Por otro lado, como se muestra por el diámetro de impresión de corriente continua 502, la impresión de punta de electrodo descendió por debajo de 4,0 mm después de únicamente 200 soldaduras en un procedimiento convencional. Mientras tanto, el rango de corriente de soldadura del procedimiento de corriente continua es únicamente de 0,29 kA. Por lo tanto, el procedimiento MPDC proporciona una vida útil de electrodo útil más prolongada y excelentes rangos de corriente de soldadura en comparación con otros procedimientos de soldadura por puntos de resistencia convencionales.

**[0036]** Otra ventaja de la soldadura de resistencia de micropulso es un rango de corriente de soldadura mayor. La figura 6 es un gráfico que muestra comparaciones del tamaño de soldadura y la corriente de soldadura medidas de un procedimiento MFDC convencional y un procedimiento MPDC según una realización de la invención. Un procedimiento de soldadura por puntos de resistencia de corriente continua convencional se representa por la curva CC 604. Un procedimiento de soldadura por puntos de corriente continua de micropulso según una realización de la invención se representa por la curva MPDC 602. El eje y, mostrado a la izquierda, representa un tamaño de soldadura (es decir, el tamaño de una pepita de soldadura o junta de soldadura) en milímetros (mm). El eje x presenta la corriente de soldadura en kA. Tanto las soldaduras de corriente continua convencionales como de micropulso se midieron durante un procedimiento de soldadura utilizando USIBOR® 1500P de 0,91 mm. Durante el procedimiento de soldadura, un par de electrodos de cúpula, cada uno con un diámetro de 5,0 mm, sujetó el USIBOR® 1500P de 0,91 mm con una fuerza de 3,0 kN. El tiempo de soldadura fue de 14 ciclos.

**[0037]** Como se muestra en la figura 6, un procedimiento de soldadura por puntos de resistencia de corriente directa convencional 604 tiene un rango de corriente de soldadura relativamente pequeño (de aproximadamente 4,6 kA a 5,75 kA) para un tamaño de soldadura fiable de +4 mm. Por otro lado, el rango de corriente de soldadura para soldadura por puntos de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua es casi el doble, entre aproximadamente 4,75 kA y 6,75 kA.

**[0038]** Los procedimientos y sistemas para soldadura por puntos de resistencia que utilizan micropulsos de corriente continua también pueden producir tamaños de junta de soldadura mayores que los procedimientos de soldadura por puntos de resistencia convencionales debido al rango de corriente de soldadura más amplio. En comparación con procedimientos de soldadura convencionales tales como MFDC, el rango de corriente de soldadura MPDC es mucho más amplio. Por lo tanto, la junta de soldadura puede producirse utilizando una corriente de soldadura muy superior. El tamaño de pepita de soldadura hecha con soldadura por puntos de resistencia utilizando micropulsos de corriente continua es mucho mayor que el tamaño de pepita de soldadura producida con procedimientos de soldadura convencionales. Como se muestra en la figura 6, bajo las mismas condiciones, las técnicas de soldadura convencionales pueden generar tamaños de soldadura no mayores que 5 mm, mientras que el procedimiento MPDC produce tamaños de soldadura de 5 a 7 mm. Por consiguiente, las juntas de soldadura mayores logradas utilizando micropulsos de corriente continua se traducen en mayor resistencia de junta de soldadura que los procedimientos de soldadura convencionales. En un escenario, los modos de fractura de muestras de desprendimiento para los procedimientos MPDC fueron más favorables debido a que no se observó ningún modo de fractura entre superficies.

**[0039]** En comparación con procedimientos de soldadura convencionales, el procedimiento MPDC puede producir una microestructura más fina en la pepita de soldadura. Las figuras 7A y 7B son ilustraciones de las microestructuras de las pepitas de soldadura formadas respectivamente mediante un procedimiento CC convencional y un procedimiento MPDC según una realización de la invención. La figura 7A ilustra la microestructura de una pepita de soldadura producida por soldadura CC convencional. La figura 7B ilustra una pepita de soldadura producida por el procedimiento MPDC para USIBOR 1500 de 0,91 mm. Como se muestra en las figuras 7A y 7B, el procedimiento MPDC produce una microestructura de pepita de soldadura "limpia", que mejora la integridad de la junta de soldadura. En algunas realizaciones, el procedimiento MPDC produce pepitas de soldadura sin inclusiones de Al/Si oxidadas, que pueden producir juntas de soldadura más fuertes.

**[0040]** El procedimiento MPDC puede quebrantar la capa de contacto entre superficies altamente resistente en la superficie de unión con púas de corriente soldadura estrechas, lo que hace al procedimiento particularmente adecuado para unir materiales de metal de lámina con diferentes revestimientos (por ejemplo, revestimiento de aluminio oxidado, revestimiento galvanizado de inmersión caliente) o superficies de acero oxidadas.

**[0041]** La soldadura por puntos de resistencia con MPDC puede tener amplias aplicaciones en una gran diversidad de industrias, incluyendo la industria automotriz, industria de fabricación de aparatos, industria de fabricación de aeronaves, industria de fabricación de maquinaria agrícola, y otras industrias de fabricación y/o creación. Una ventaja de los procedimientos y sistemas para soldadura por puntos de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua es la amplitud de materiales que pueden soldarse. Algunos materiales que no pueden soldarse utilizando procedimientos de soldadura CC convencionales pueden soldarse eficazmente al utilizar soldadura por puntos de resistencia MPDC.

**[0042]** La descripción detallada anterior de las ciertas realizaciones ilustrativas de la invención se ha proporcionado con el propósito de explicar los principios de la invención y su aplicación práctica, permitiendo así a otros expertos en la técnica entender la invención para varias realizaciones y con diversas modificaciones que son adecuadas para el uso particular contemplado. Esta descripción no pretende ser exhaustiva o limitar la invención a las realizaciones precisas descritas. Aunque se han descrito solamente algunas realizaciones en detalle anteriormente, son posibles otras realizaciones y los inventores pretenden que éstas se incluyan dentro de esta memoria descriptiva y el alcance de las reivindicaciones adjuntas. La memoria descriptiva describe ejemplos específicos para realizar una meta más general que puede realizarse de otra forma. Las modificaciones y equivalentes serán evidentes para los expertos en la técnica y se abarcan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes apropiados. Esta descripción pretende ser ilustrativa, y las reivindicaciones pretenden cubrir cualquier modificación o alternativa que pueda ser predecible para un experto en la técnica.

**[0043]** Además, no se leerá ninguna de las limitaciones de la memoria descriptiva en ninguna de las reivindicaciones, a menos que esas limitaciones estén expresamente incluidas en las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para la soldadura por puntos de resistencia de láminas de acero, que comprende aplicar (102, 204) una pluralidad de micropulsos de corriente continua al menos a dos láminas de acero a través de un primer  
5 y un segundo electrodo para formar una junta de soldadura que une las láminas de acero entre sí, en el que cada micropulso se aplica durante un tiempo de encendido de corriente de soldadura de 1 ms a 10 ms para fundir localmente las láminas de acero, y el método comprende además alternar los tiempos de encendido de corriente de soldadura con tiempos de desconexión de corriente de soldadura de 1 ms a 10 ms, en los que no se aplica corriente o se aplica una corriente  
10 muy baja en relación con los micropulsos de corriente continua a través del primer electrodo y el segundo electrodo.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que no se aplica corriente a través de los dos electrodos a las láminas de acero durante los tiempos de desconexión de corriente de soldadura.
- 15 3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la corriente muy baja en relación con los micropulsos de corriente continua se aplica a través de los dos electrodos a las láminas de acero durante los tiempos de desconexión de corriente de soldadura.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la junta de soldadura tiene una microestructura fina.  
20
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la junta de soldadura es de 5 a 7 mm.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además repetir dichas etapas de aplicación, alternancia y solidificación para formar múltiples junta de soldadura a lo largo de una costura entre las láminas de  
25 acero.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que las láminas de acero son láminas de acero galvanizado por inmersión caliente.
- 30 8. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además sujetar las láminas de acero junto con una fuerza de soldadura durante dicha aplicación de los micropulsos de corriente continua.
9. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que la fuerza de soldadura está entre 1 kN y 10 kN.
- 35 10. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los micropulsos de corriente continua tienen una magnitud entre 1 kA y 20 kA.
11. Un sistema para soldadura por puntos de resistencia que utiliza micropulsos de corriente continua, que comprende un primer electrodo y un segundo electrodo configurados para formar una junta de soldadura que une al  
40 menos dos láminas de acero, y un controlador de soldadura en comunicación con el primer electrodo y el segundo electrodo,  
en el que el primer electrodo y el segundo electrodo están configurados para aplicar una pluralidad de micropulsos de corriente continua a las láminas de acero, y  
45 el controlador de soldadura está configurado para aplicar cada micropulso de corriente continua a las chapas de acero a través de los electrodos durante un tiempo de encendido de corriente de soldadura de 1 ms a 10 ms para fundir localmente las láminas de acero, y además está configurado para alternar los tiempos de encendido de corriente de soldadura con tiempos de desconexión de corriente de soldadura de 1 ms a 10 ms en los que no se aplica corriente o  
50 se aplica una corriente muy baja en relación con los micropulsos de corriente continua a través del primer electrodo y el segundo electrodo a las láminas de acero.
12. El sistema de la reivindicación 11, en el que el controlador de soldadura está configurado para no aplicar corriente a través de los dos electrodos a las láminas de acero durante los tiempos de desconexión de corriente de  
55 soldadura.
13. El sistema de la reivindicación 11, en el que el controlador de soldadura está configurado para aplicar la corriente muy baja en relación con los micropulsos de corriente continua a través de los dos electrodos a las láminas de acero durante los tiempos de desconexión de corriente de soldadura.  
60
14. El sistema de la reivindicación 11, en el que el controlador de soldadura está configurado para formar la junta de soldadura con una microestructura fina.
15. El sistema de la reivindicación 11, en el que el controlador de soldadura está configurado para formar la  
65 junta de soldadura con un tamaño de 5 a 7 mm.



16. El sistema de la reivindicación 11, en el que los electrodos están configurados para presionar las láminas de acero entre sí con una fuerza de soldadura.
- 5 17. El sistema de la reivindicación 16, en el que la fuerza de soldadura está entre 1 kN y 10 kN.
18. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, en el que la magnitud de cada uno de los micropulsos de corriente continua está entre 1 kA y 20 kA.

FIG. 1

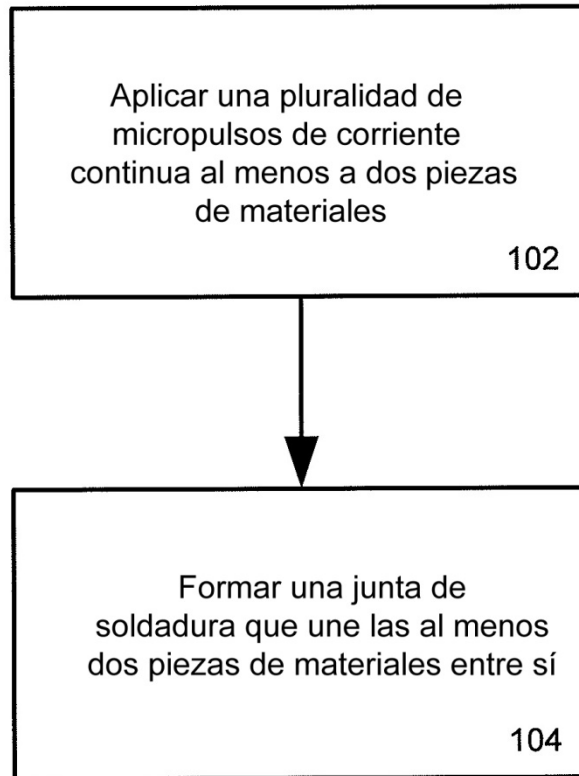


FIG. 2

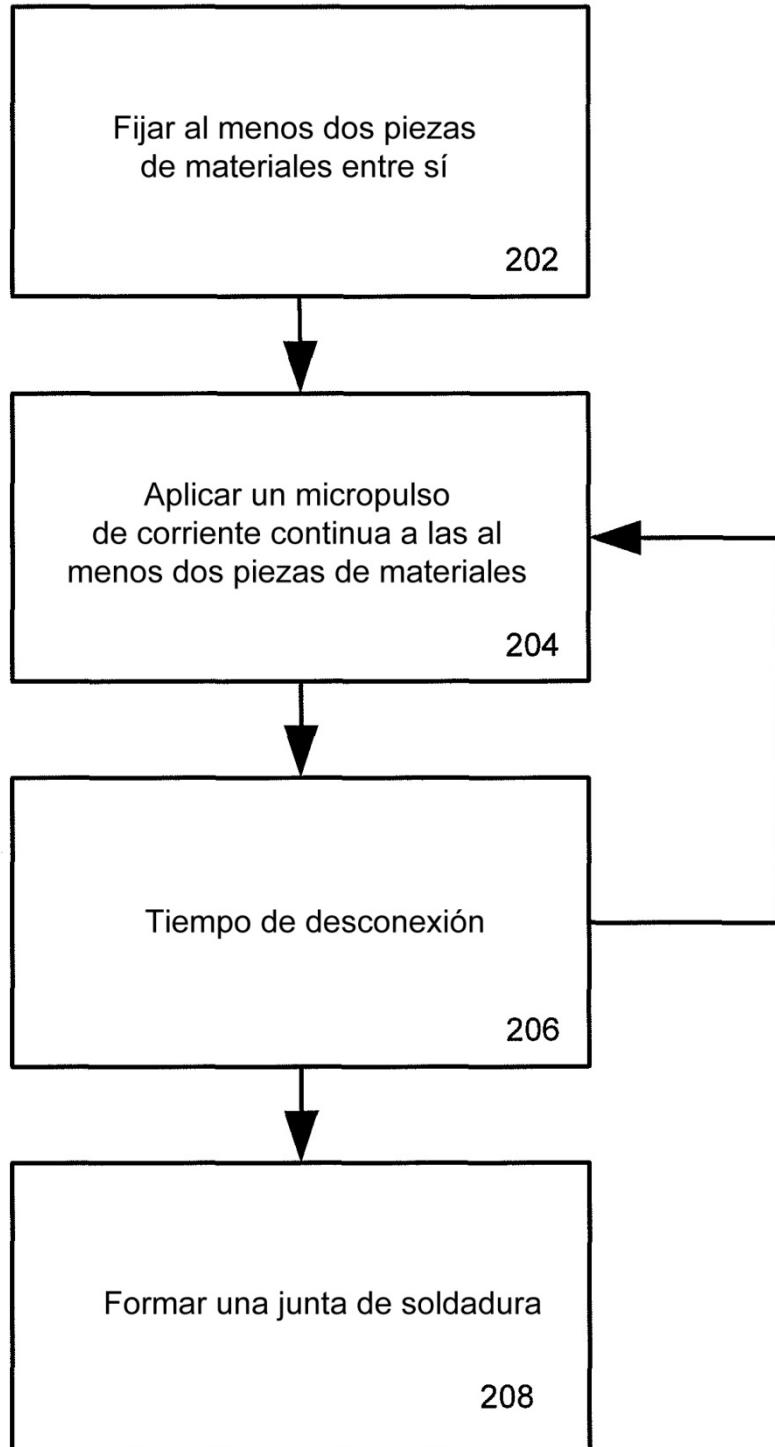


FIG. 3

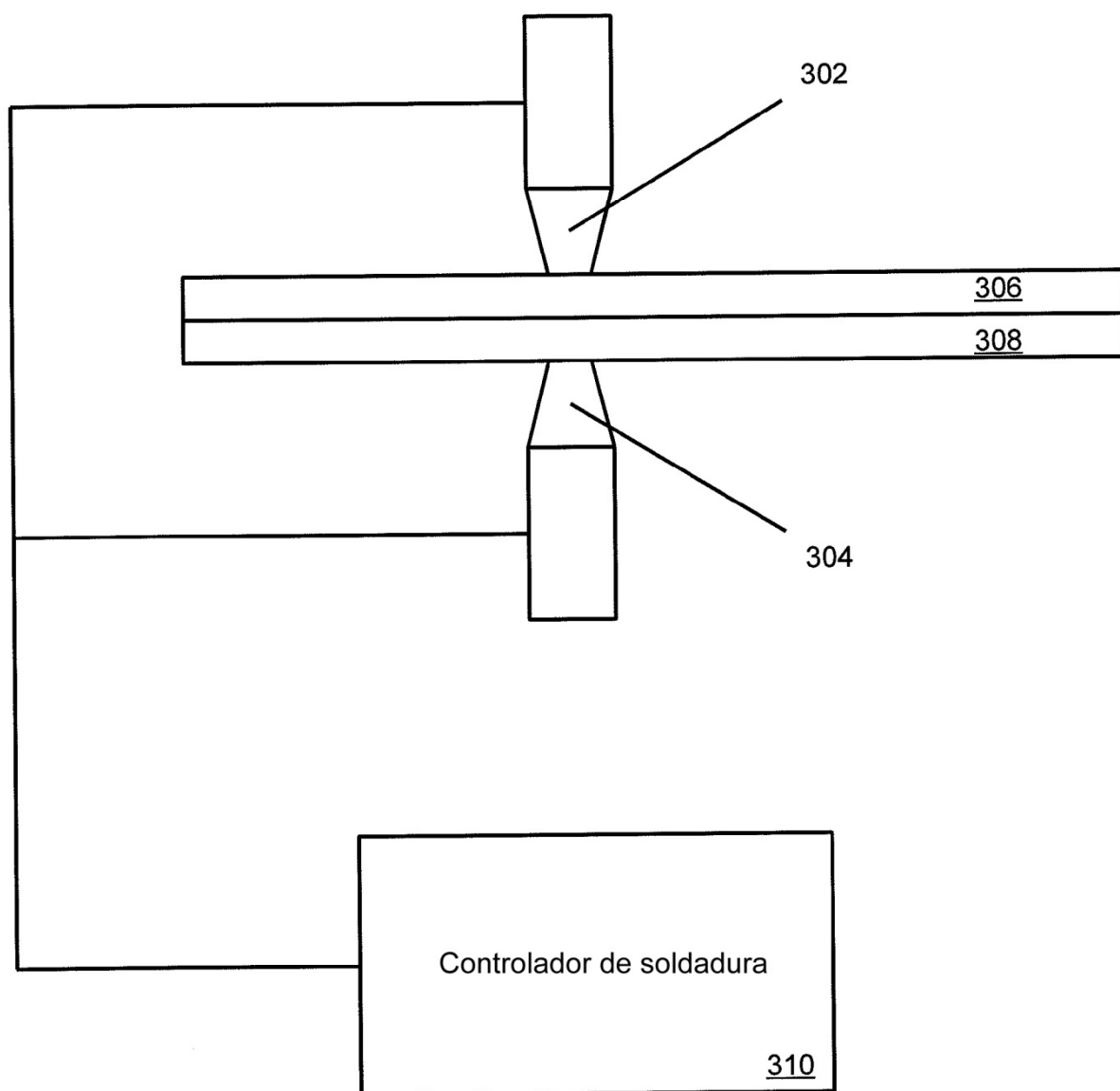


FIG. 4

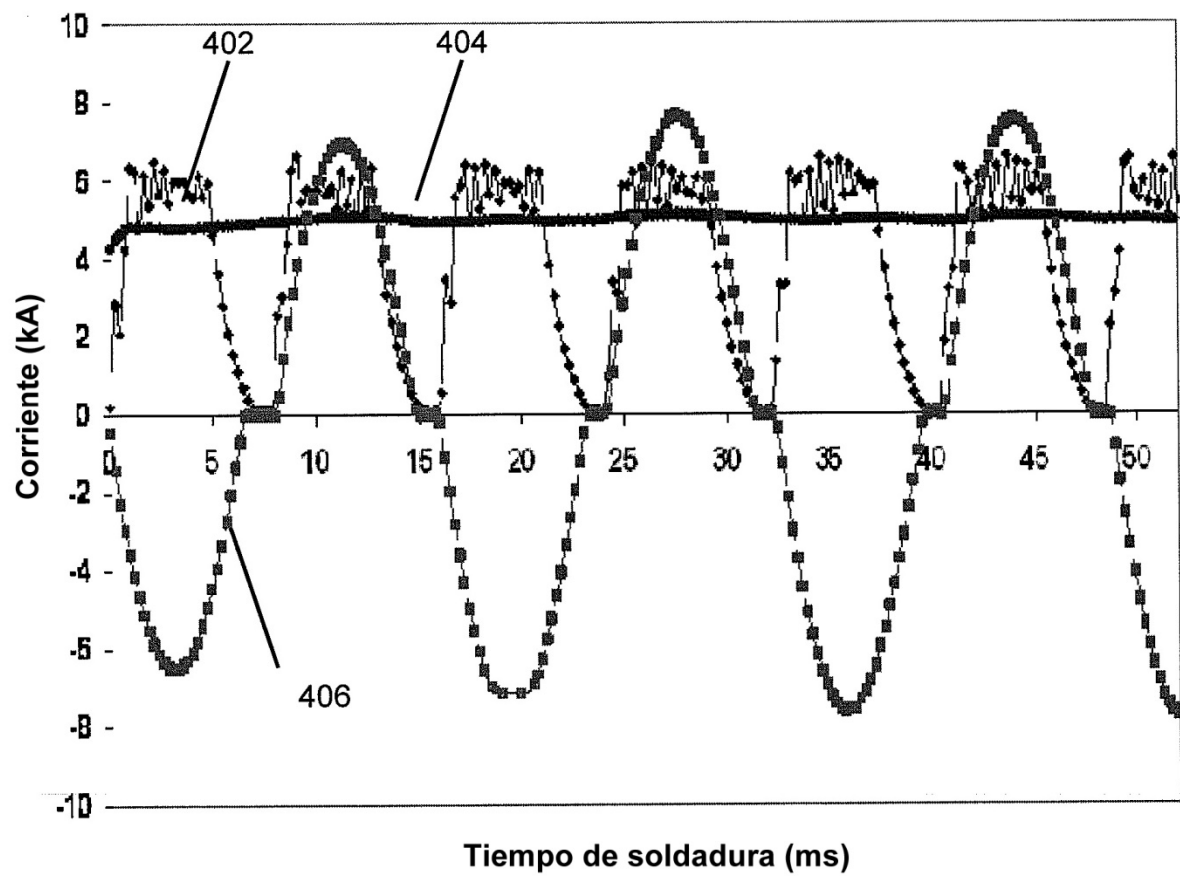


FIG. 5

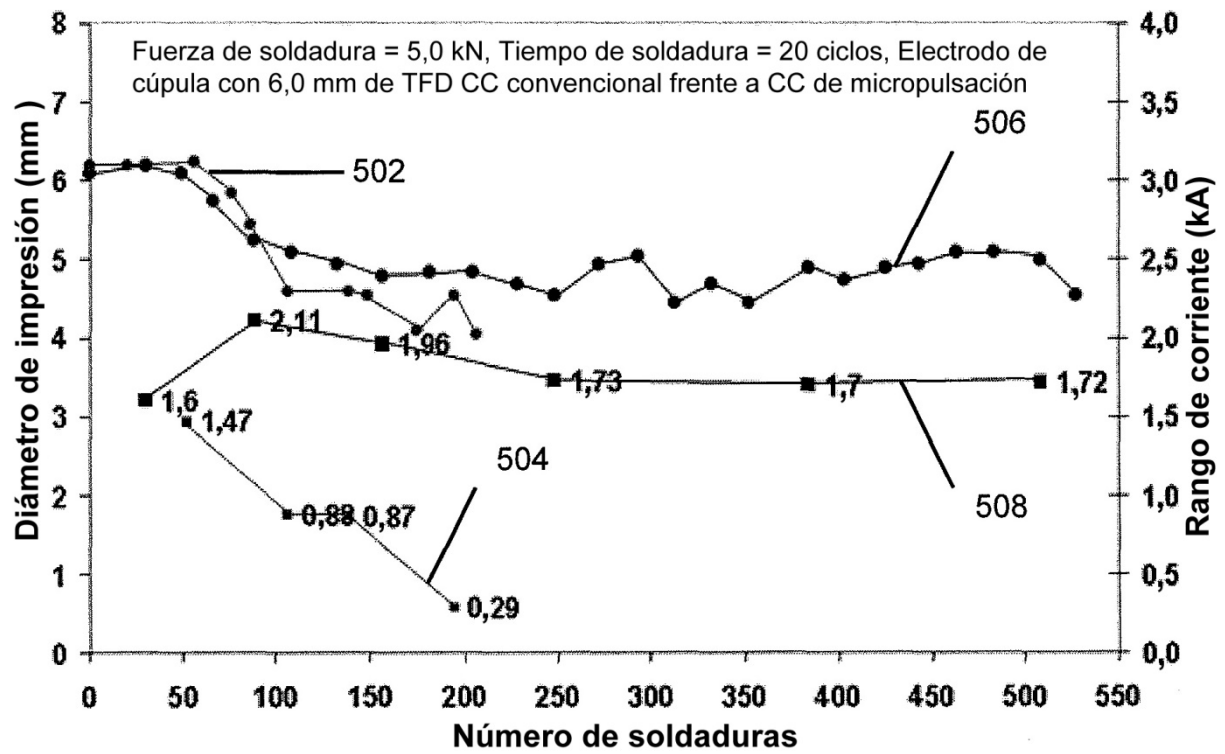
**Impresión TFD, Rango de corriente frente a soldaduras totales (6 mm de TFD)**

FIG. 6

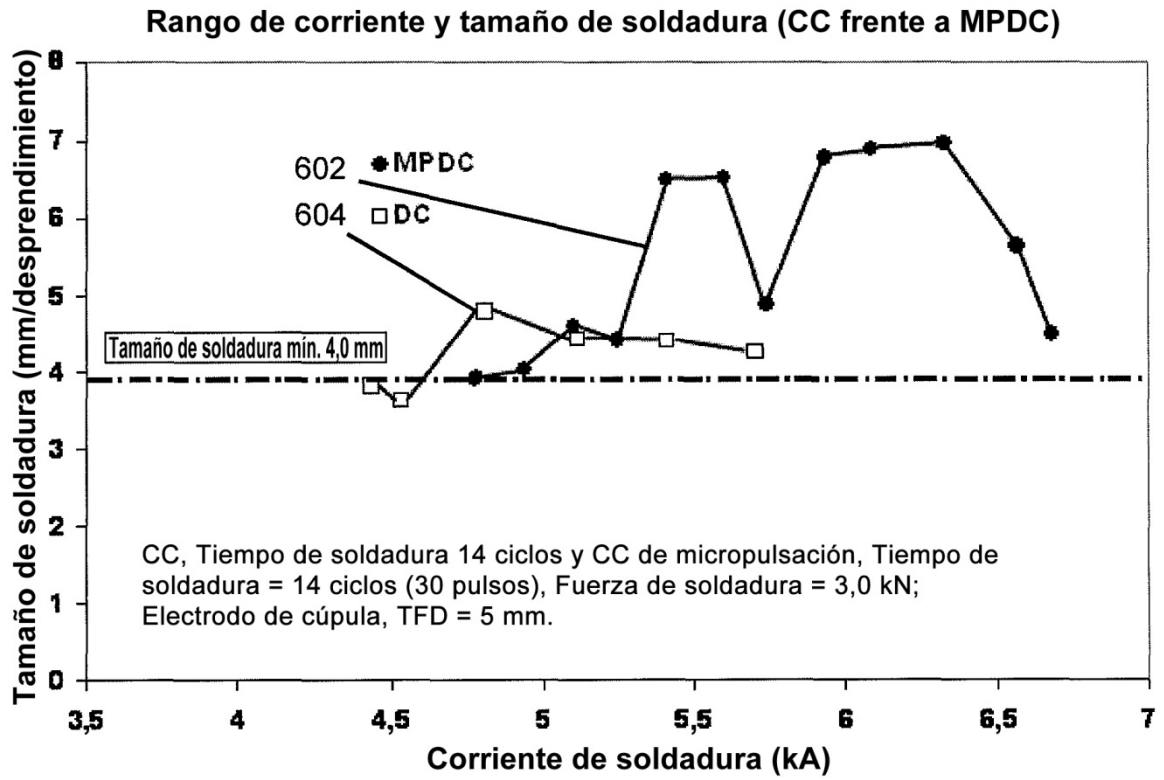


FIG. 7A

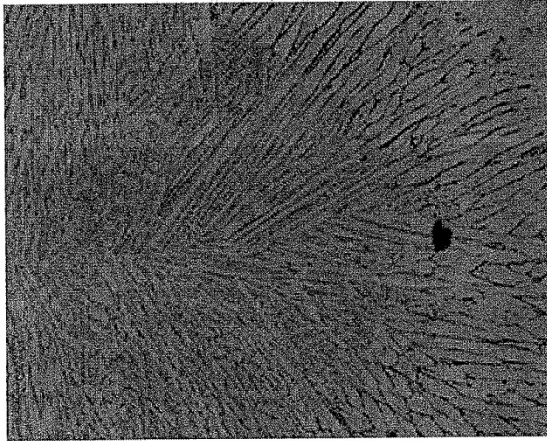


FIG. 7B

