

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 835**

51 Int. Cl.:

B23K 11/11 (2006.01)

B23K 11/16 (2006.01)

B23K 11/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2014** **PCT/JP2014/083571**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2015** **WO15093568**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2014** **E 14870854 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019** **EP 3085485**

54 Título: **Método de soldadura por puntos por resistencia**

30 Prioridad:

20.12.2013 JP 2013263272

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

04.06.2020

73 Titular/es:

NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo, JP

72 Inventor/es:

FUJIMOTO, HIROKI;
OIKAWA, HATSUHIKO;
YAMANAKA, SHINTARO y
IMAMURA, TAKASHI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 764 835 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 de soldadura por puntos por resistencia

5 La presente invención está relacionada con un método de soldadura por puntos por resistencia para soldar una pluralidad de láminas de acero de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 (véase, por ejemplo, el documento US 2013/087533 A1), más en concreto está relacionada con un método de soldadura por puntos por resistencia que utiliza una fuente de energía DC inversora.

10 Las carrocerías de los coches se ensamblan principalmente uniendo láminas de acero conformadas por prensado mediante soldadura por puntos por resistencia. En la soldadura por puntos por resistencia utilizada en el ensamblaje de carrocerías de coches, se busca tanto garantizar un tamaño de pepita correspondiente al espesor de la lámina como suprimir la aparición de proyecciones.

15 En general, por ejemplo, un rango definido por un valor de corriente que proporciona un tamaño de pepita de referencia de $4\sqrt{t}$ ("t" muestra el espesor de lámina (mm)) u otro como límite inferior (en adelante, denominado "corriente límite inferior" o "corriente de $4\sqrt{t}$ ") y un valor de corriente en el que se producen proyecciones como límite superior (en adelante, denominado "corriente límite superior" o "corriente de proyecciones") (en adelante, denominado "rango de corriente apropiado") se considera un indicador importante en relación con la soldadura por puntos de láminas de acero. La corriente límite inferior y la corriente límite superior se miden en el estado ideal en la probeta de ensayo.

25 Las proyecciones incluyen proyecciones interiores (el fenómeno de metal del material base fundido por la soldadura dispersándose desde las superficies superpuestas de las láminas de acero) y proyecciones exteriores (el fenómeno de metal del material base fundido por la soldadura dispersándose desde las superficies de contacto de las láminas de acero y los electrodos). En ambos casos, la calidad superficial disminuye por la dispersión y adhesión a la carrocería del coche. Además, la adhesión a las partes móviles de un robot de soldadura provoca un mal funcionamiento del equipo. Es más, las proyecciones exteriores que quedan en formas de aguja sobre la superficie de una parte soldada mediante soldadura por puntos se convierten en una causa de daño a los mazos de cableado de los automóviles, etc., de modo que se tiene que usar una amoladora para eliminar por amolado las proyecciones. Por esta razón, es necesario que en la soldadura por puntos por resistencia, se eviten proyecciones interiores y proyecciones exteriores y se garantice un tamaño de pepita predeterminado.

35 La corriente límite inferior se evalúa en el estado ideal a nivel de la probeta de ensayo. Sin embargo, en el ensamblaje real de una carrocería de coche, debido al desgaste de los electrodos, a la derivación de corriente ("shunting") a puntos de soldadura existentes, a la separación entre partes presionadas, y a otros diferentes factores externos, incluso si se suelda un cuerpo de coche real mediante un valor de corriente que proporciona $4\sqrt{t}$ a nivel de la probeta de ensayo, el tamaño de la pepita a veces disminuirá por debajo de $4\sqrt{t}$. Por esta razón, en una línea de producción en masa, es necesario establecer un valor de corriente de 1,0 kA o más, preferiblemente 1,5 kA o más, mayor que la corriente que proporciona $4\sqrt{t}$ a nivel de la probeta de ensayo como valor de corriente límite inferior realista. Por lo tanto, cuando se desea obtener de manera estable un tamaño de pepita de $4\sqrt{t}$ o más en una línea de producción en masa sin que se produzcan proyecciones, es necesario que el rango de corriente apropiado en la evaluación a nivel de la probeta de ensayo sea 1,0 kA o más, preferiblemente 1,5 kA o más. Esto es así porque si a nivel de la probeta de ensayo no se puede garantizar un rango de corriente apropiado predeterminado, es necesario establecer el valor de corriente en una corriente a la que se producen proyecciones para garantizar de manera estable un tamaño de pepita de $4\sqrt{t}$ en soldadura por puntos en la zona de trabajo real donde existen muchas perturbaciones exteriores.

50 En los últimos años, en el ensamblaje de automóviles, se han utilizado cada vez más máquinas de soldadura por puntos por resistencia de tipo DC inversor en lugar del tipo AC monofásico. El tipo DC inversor permite que se pueda hacer más pequeño el transformador, de modo que existe la ventaja de permitir que un robot con una pequeña capacidad de carga lo transporte, por lo que esto se utiliza particularmente a menudo en líneas automatizadas.

55 El tipo DC inversor no enciende y apaga la corriente como el sistema AC monofásico utilizado convencionalmente, sino que aplica corriente de manera continua, por lo que la eficiencia de generación de calor es buena. Por esta razón, se informa de que incluso en el caso de un material chapado con cinc de acero dulce en forma de lámina delgada en el que la formación de una pepita es difícil, se forma una pepita a partir de una corriente baja y el rango de corriente apropiado es más amplio que en el sistema AC monofásico.

60 Por otro lado, si se suelda lámina de acero de alta resistencia a tracción, donde la formación de una pepita es fácil, mediante una fuente de energía DC inversora, al contrario que para una lámina de acero dulce, la corriente para la cual se producen proyecciones es baja. Es decir, a veces la corriente límite superior se vuelve más baja y por lo tanto el rango de corriente apropiado se vuelve notablemente más estrecho. En soldadura por puntos por resistencia, como se muestra en la Figura 1, un sistema de conducción de una sola etapa que realiza conducción sólo una única vez se utiliza a menudo en la soldadura por puntos por resistencia de coches. Sin embargo, con el

sistema de conducción de una sola etapa, el rango de corriente apropiado se vuelve más estrecho, por lo que se ha informado sobre un sistema de conducción que amplía el rango de corriente apropiado.

El documento JP 2010-188408 A, como se muestra en la Figura 2, describe un método que emplea un sistema de conducción de dos etapas que utiliza conducción preliminar para mejorar el ajuste entre las superficies de contacto de las láminas de acero, y realizar a continuación la conducción principal para suprimir la aparición de proyecciones en la soldadura por puntos por resistencia de láminas de acero de alta resistencia a tracción.

El documento JP 2003-236674 A, como se muestra en la Figura 3, describe un método que emplea un sistema de conducción que utiliza conducción preliminar para mejorar el ajuste entre superficies de contacto de las láminas de acero, detener a continuación la corriente, y utilizar a continuación conducción principal para suprimir la aparición de proyecciones en la soldadura por puntos por resistencia de láminas de acero de alta resistencia a tracción.

El documento JP 2010-207909 A, como se muestra en las Figuras 4 y 5, tiene un proceso de conducción de tres etapas. Es decir, está compuesto por un primer paso de conformar una pepita como un paso de conducción preliminar, un segundo paso de hacer que disminuya la corriente después de la conducción preliminar e incrementar un área de unión de la corona alrededor de la pepita, y un tercer paso de hacer pasar una corriente mayor que la corriente de conducción preliminar después del segundo paso y ampliar el tamaño de la pepita como paso de conducción principal. En este método, debido a la conducción preliminar, se mejora el ajuste entre las superficies de contacto de las láminas de acero, a continuación se reduce la corriente, a continuación se realiza conducción principal de una cierta corriente o conducción principal de una forma de pulsación de modo que se suprime la aparición de proyecciones en la soldadura por puntos por resistencia de láminas de acero de alta resistencia a tracción. Además, el documento JP 2010-207909 A describe hacer el tercer paso un sistema de conducción por pulsación para de este modo hacer que el efecto de expansión del diámetro de conducción sea mayor y suprimir la aparición de proyecciones en comparación con el sistema de conducción continua.

El documento JP 2006-181621 A, como se muestra en la Figura 6, describe un método de utilizar soldadura por puntos por resistencia repitiendo un cambio de corriente arriba-abajo elevando al mismo tiempo el valor de corriente para suprimir la aparición de proyecciones en la soldadura por puntos por resistencia de láminas de acero de alta resistencia a tracción.

La norma ISO 18278-2 Soldadura por Resistencia - Soldabilidad - Parte 2. "Procedimiento alternativo para la evaluación de aceros en forma de láminas para soldadura por puntos" (ISO 18278-2 Resistance Welding – Weldability - Part 2. "Alternative procedure for the assessment of sheet steels for spot welding"), como se muestra en la Figura 7, describe un método de soldadura por puntos por resistencia para láminas de acero de 1,5 mm o más de espesor que comprende conducción durante 120 ms (seis ciclos a 50Hz) o más y reposo durante 40 ms (dos ciclos a 50Hz) repetidos tres veces o más.

En los últimos años, como lámina de acero para automóviles, el uso de lámina de acero de alta resistencia a tracción ha ido creciendo para aligerar el peso de las carrocerías de los coches y mejorar la seguridad ante colisión. Además, la aplicación de estampación en caliente (método de calentar lámina de acero hasta una temperatura de temple para austenizarla, a continuación conformarla por prensado y simultáneamente enfriarla en el molde para revenirla) ha ido creciendo. La mayoría de las piezas conformadas por prensado de lámina de acero de ultra-alta resistencia con una resistencia a tracción de la clase de 1180 a 2000 MPa se producen mediante estampación en caliente.

La superficie de una lámina de acero utilizada para estampación en caliente a veces no está chapada y a veces está chapada con base zinc, chapada con base aluminio, o sometida a un tratamiento superficial para impedir la formación de cascarilla de hierro cuando se calienta a una temperatura elevada. Obsérvese que una lámina de acero estampada en caliente es en muchos casos no una lámina plana sino una forma. En esta Descripción, a la lámina de acero de alta resistencia a tracción que se ha sometido a estampación en caliente se le denominará "lámina de acero estampada en caliente" incluyendo el caso de formas. Además, de la misma manera, a lámina de acero chapada con base zinc, a lámina de acero chapada con base aluminio, o a dicha lámina de acero revestida además en la superficie que se ha sometido a estampación en caliente se le denominará "lámina de acero chapada en caliente sometida a tratamiento superficial".

Si se sueldan láminas de acero estampadas en caliente mediante una máquina de soldadura por puntos por resistencia con una fuente de energía DC inversora, a veces se producen proyecciones a un valor de corriente menor que en el caso de uso de una fuente de energía AC monofásica al contrario que para una lámina de acero dulce y se produce el fenómeno de que el rango de corriente apropiado se vuelve más estrecho. LAURENZ, et al: Schweissen Schneiden, 64-10 (2012), 654-661, por ejemplo, informa de que este fenómeno se produce en la soldadura por puntos por resistencia de lámina de acero estampada en caliente chapada con aluminio.

En particular, lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial se vuelve más susceptible a proyecciones interiores junto con proyecciones exteriores y notablemente más estrecho en rango de corriente

apropiado con una fuente de energía DC inversora. Por esta razón, el tamaño de la pepita obtenido sin la aparición de proyecciones también se vuelve menor.

Las causas no se han esclarecido, pero las proyecciones interiores se pueden producir de la siguiente forma: En la parte soldada por puntos, existe una parte unida por prensado (parte de unión de la corona) presionada por los electrodos alrededor de la pepita fundida y solidificada dentro de la cual está sellado el metal fundido. Si la presión interior del metal fundido supera la presión exterior que actúa sobre la parte de unión de la corona, ya no resulta posible sellar dentro el metal fundido y se producirán proyecciones interiores. En general, si la parte unida por prensado se vuelve más estrecha, la presión interna ya no podrá ser soportada y se producirán proyecciones más fácilmente. Por esta razón, para suprimir la aparición de proyecciones, es necesario mejorar el ajuste entre una lámina de acero y la otra lámina de acero y ampliar la parte unida por prensado y evitar generación de calor repentina de modo que la pepita crezca gradualmente.

La lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial tiene una película de óxido compuesta principalmente por metal derivado del chapado en la superficie de la lámina de acero (por ejemplo, si se chapa con base zinc, zinc, mientras que si se chapa con base aluminio, aluminio) o una película de óxido derivada del revestimiento superficial. Por esta razón, en comparación con lámina de acero desnuda, la posición en la que fluye corriente en la superficie de la lámina de acero se convierte en local y la densidad de corriente aumentada es apta para provocar una rápida generación de calor. Por otro lado, en el proceso de estampación en caliente, se produce la aleación del chapado y el acero y el punto de fusión de la aleación formada en la superficie de la lámina de acero también se convierte en una temperatura elevada cercana a la del hierro. Por esta razón, en comparación con lámina de acero provista de una película de chapado antes del calentamiento, las partes de contacto de las láminas de acero se ablandan, de modo que se suprime la expansión del camino de conducción. En particular, el sistema DC inversor tiene una eficiencia de generación de calor mayor en comparación con el sistema AC monofásico debido a la entrada continua de corriente, por lo que la formación de la pepita en la etapa inicial de conducción es extremadamente rápida. Por esta razón, se cree que el crecimiento de la parte unida por prensado alrededor de la pepita no puede seguir el ritmo y el metal fundido ya no se puede sellar en el interior, por lo que se producen proyecciones interiores.

Además, la causa de aparición de proyecciones exteriores es similar. Debido al efecto de la película de óxido, etc., la resistencia se vuelve mayor en las partes de contacto del acero y los electrodos y la cantidad de generación de calor se vuelve mayor. Además de esto, el sistema DC inversor es un sistema de conducción continuo. No hay tiempo de reposo de corriente como con el sistema AC monofásico, por lo que la eficiencia de enfriamiento mediante el electrodo de cobre resulta difícil de obtener. Por esta razón, se cree que la pepita crece fácilmente en la dirección del espesor de la lámina, la parte fundida llega hasta justo debajo de la capa más exterior de la lámina de acero, y se producen proyecciones exteriores.

El método del documento JP 2010-188408 A es un método de soldadura por puntos por resistencia de lámina de acero de alta resistencia a tracción. Con lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial, el valor de corriente que se puede proporcionar sin provocar proyecciones en la primera conducción inicial es bajo, pero el efecto de supresión de proyecciones por ensanchamiento del camino de conducción y reducción de la densidad de corriente no es suficiente. Por esta razón, si se eleva la corriente en la segunda mitad de la conducción, se reconocen casos en los que se producen proyecciones interiores y proyecciones exteriores. Esto es insuficiente para garantizar un rango de corriente apropiado.

El método del documento JP 2003-236674 A, de la misma manera que en el documento JP 2010-188408 A, es menor en valor de corriente que se puede proporcionar en la primera conducción inicial sin provocar proyecciones en lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial. En comparación con el documento JP 2010-188408 A, la corriente límite superior aumenta, pero si se eleva la corriente en la segunda etapa, se observan casos de aparición de proyecciones interiores. Este método todavía era insuficiente para garantizar un rango de corriente apropiado.

El método del documento JP 2010-207909 A sólo muestra ejemplos de máquinas de soldadura por puntos AC monofásicas. El caso de máquinas de soldadura por puntos DC inversoras no está confirmado. Además, en los ejemplos, se explica el caso de acero de alta resistencia a tracción de 980 MPa, pero no se explica el caso de material estampado en caliente sometido a tratamiento superficial susceptible de proyecciones. Los inventores utilizaron una máquina de soldadura por puntos DC inversora para investigar el efecto de la técnica del documento JP 2010-207909 A en lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial. Como resultado de ello, no fue posible obtener un rango de corriente apropiado desde la corriente para la que el tamaño de pepita se convierte en $4\sqrt{t}$ hasta la corriente para la que se producen proyecciones de 1,5 kA o más. El efecto todavía era insuficiente. Esto no se pudo aplicar directamente a soldadura por resistencia de lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial susceptible de proyecciones superficiales. Además, esto es todavía más cierto en soldadura por resistencia utilizando una fuente de energía DC inversora cuando la densidad de corriente se vuelve mayor en comparación con un sistema de fuente de energía AC monofásico.

El sistema de conducción descrito en el documento JP 2006-181621 A tiene el efecto de ampliar el rango de corriente apropiado hasta materiales de acero con una resistencia a tracción de la clase 980 MPa, pero en lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial de mayor resistencia, se producen fácilmente proyecciones interiores y proyecciones exteriores en el momento del segundo o tercer cambio de corriente hacia arriba. Este patrón de conducción no es apropiado para soldar materiales estampados en caliente.

Con el sistema de conducción descrito en la norma ISO 18278-2 Soldadura por Resistencia - Soldabilidad - Parte 2. "Procedimiento alternativo para la evaluación de aceros en forma de láminas para soldadura por puntos" (ISO 18278-2 Resistance Welding – Weldability - Part 2. "Alternative procedure for the assessment of sheet steels for spot welding"), incluso cuando la conducción es la más corta, son 6 ciclos (120 ms). En lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial, se producen proyecciones interiores con un tiempo de conducción menor que seis ciclos, por lo que con este sistema de conducción, la corriente límite superior no se puede elevar. Por lo tanto, si se acorta el tiempo de conducción en la pulsación, la corriente límite superior aumentará, pero la disminución de eficiencia de generación de calor provocará que la corriente límite inferior aumente y como resultado el rango de corriente apropiado no se podrá ampliar. Por esta razón, este método también es no apropiado.

El documento US 2013/087533 A1 describe métodos y sistemas para soldadura por puntos por resistencia utilizando micro pulsos de corriente continua, en el cual los métodos comprenden conformar una unión soldada aplicando una pluralidad de micro pulsos de corriente continua a al menos dos piezas de materiales a través de un primer electrodo y de un segundo electrodo.

El documento US 2013/088037 A1 describe una puerta de acero ligera para vehículo y un método para fabricar la misma.

El documento GB 1 023 305 A describe un aparato para soldar empleando pulsos de potencia controlable, incluyendo el aparato medios para controlar la conducción del dispositivo de conmutación de estado sólido controlables para producir los pulsos de corriente de soldadura discretos con una duración y frecuencia independientemente variable para regular con precisión la potencia suministrada a los electrodos de soldadura.

La presente invención tiene por objeto aplicar una fuente de energía DC inversora a soldadura por puntos por resistencia por recubrimiento de láminas de acero estampadas en caliente sometidas a tratamiento superficial y a láminas de acero estampadas en caliente. Es decir, tiene por objeto proporcionar un método de soldadura por puntos por resistencia con sistema de fuente de energía DC inversora que pueda suprimir la aparición de proyecciones exteriores y proyecciones interiores y que pueda garantizar un amplio rango de corriente apropiado.

Los inventores utilizaron una fuente de energía de soldadura por puntos de tipo DC inversora, se embarcaron en estudios utilizando láminas de acero estampadas en caliente sometidas a tratamiento superficial de clase 1500 MPa, y de este modo obtuvieron los siguientes descubrimientos.

(a) Los inventores descubrieron que, empleando el sistema de conducción por pulsación, existe el efecto de enfriamiento y calentamiento repetitivo, por lo que empleando el sistema de conducción por pulsación para el sistema DC inversor, es posible facilitar el aumento de temperatura debido a la alta eficiencia de generación de calor. Es decir, los inventores descubrieron que controlando el tiempo de conducción y el tiempo de reposo en conducción por pulsación, es posible controlar el aumento de temperatura en el momento de soldar y controlar la velocidad de crecimiento de la pepita. Debido a esto, es posible suprimir el crecimiento repentino de la pepita.

(b) Al mismo tiempo, los inventores descubrieron que el crecimiento de la unión de la corona también se podía controlar mediante la fuerza de prensado de los electrodos y mediante el control de corriente en conducción por pulsación. Es decir, mediante el paso de pulsación, es posible hacer vibrar las superficies de contacto por expansión y contracción térmicas, por lo que mientras que el efecto es particularmente notable en materiales estampados en caliente sometidos a tratamiento superficial, la capa de óxido de alto punto de fusión se rompe de forma efectiva y se puede formar una pluralidad de puntos de conducción en las interfaces de contacto entre los electrodos y las láminas de acero y entre una lámina de acero y otra lámina de acero (zona en la que fluye realmente la corriente) y es posible suprimir el aumento de densidad de corriente en la interfaz de contacto y suprimir el rápido crecimiento de la pepita. Debido a estas acciones, es posible suprimir la aparición de proyecciones interiores y proyecciones exteriores al mismo tiempo que se mejora el ajuste en un tiempo breve.

(c) Los inventores descubrieron que controlando de forma apropiada la velocidad de crecimiento de la pepita y la velocidad de crecimiento de la unión de la corona, es posible eliminar la aparición de proyecciones e incrementar el tamaño de la pepita. Es decir, los inventores descubrieron que es posible suprimir una disminución de la corriente límite superior y garantizar un rango de corriente apropiado.

(d) Debido a los espesores, durezas (resistencias a tracción), formas, y otros factores de las láminas de acero superpuestas, el patrón de conducción óptimo cambia. Cuando se suelda mediante el sistema DC inversor, resulta necesario cumplir diferentes condiciones. Por esta razón, los inventores descubrieron que controlando el tiempo de conducción, la corriente aplicada, los intervalos entre pulsos, etc. para cada pulso, es posible

establecer condiciones de soldadura de forma simple y rápida y es posible realizar bien soldadura por puntos por resistencia.

(e) Por ejemplo, los inventores descubrieron que cuando se suelda por puntos los mismos espesores de láminas de acero estampadas en caliente sometidas a tratamiento superficial, se puede realizar conducción por pulsación de dos etapas de la siguiente manera. Es decir, si se realiza el primer paso de pulsación repitiendo conducción y reposo con el objetivo de mejorar el ajuste de las superficies de contacto de las láminas de acero y expandir el camino de conducción, entonces se realiza el segundo paso de pulsación de repetir conducción y reposo mediante una corriente mayor que el primer paso de pulsación con el objetivo de agrandar el tamaño de la pepita, es posible suprimir la aparición de proyecciones interiores y proyecciones exteriores al mismo tiempo que se realiza soldadura por puntos por resistencia con un rango de corriente apropiado, amplio, estable. Se cree que esto se produce porque en el primer paso de pulsación, la unión de la corona crece y simultáneamente se forma la pepita. Además, se considera posible realizar la conducción principal en el segundo paso de pulsación y hacer crecer la pepita para obtener un tamaño de pepita predeterminado.

La presente invención se hizo basándose en este descubrimiento.

Un método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con la presente invención se define en la reivindicación 1.

Realizaciones adicionales de la presente invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la presente invención, en la soldadura por puntos por resistencia de láminas de acero de alta resistencia a tracción superpuestas, incluso si se utiliza una fuente de energía DC inversora, es posible suprimir la aparición de proyecciones exteriores y de proyecciones interiores al mismo tiempo que se agranda el tamaño de la pepita en la soldadura por puntos por resistencia. Por lo tanto, si se utiliza el método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con la presente invención, incluso con láminas de acero extremadamente susceptibles a proyecciones tales como láminas de acero estampadas en caliente sometidas a tratamiento superficial, resulta posible soldadura por puntos por resistencia eficiente, estable.

La invención se describe en detalle en conjunto con dibujos, en los cuales:

La Figura 1 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un sistema de conducción de una sola etapa que realiza conducción sólo una única vez.

La Figura 2 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un sistema de conducción del documento JP 2010-188408 A,

La Figura 3 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un sistema de conducción del documento JP 2003-236674 A,

La Figura 4 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un sistema de conducción del documento JP 2010-207909 A,

La Figura 5 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un sistema de conducción del documento JP 2010-207909 A,

La Figura 6 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un sistema de conducción del documento JP 2006-181621 A,

La Figura 7 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un sistema de conducción de la norma ISO 18278-1 Soldadura por Resistencia-Soldabilidad- Parte 2. "Procedimiento alternativo para la evaluación de láminas de acero para soldadura por puntos",

La Figura 8A es una vista explicativa de un pulso de corriente en conducción por pulsación,

La Figura 8B es una vista explicativa que muestra esquemáticamente la relación entre un tiempo de conducción y corriente en la presente invención y que muestra el caso en que el pulso de corriente se modifica libremente,

La Figura 8C es una vista explicativa que muestra esquemáticamente la relación entre un tiempo de conducción y corriente en la presente invención y que muestra el caso en que el pulso de corriente cambia simulando una función lineal de tiempo,

La Figura 8D es una vista explicativa que muestra esquemáticamente la relación entre un tiempo de conducción y corriente en la presente invención y que muestra el caso en que los pulsos de corriente cambian simulando una función cuadrática,

La Figura 8E es una vista explicativa que muestra esquemáticamente la relación entre un tiempo de conducción y corriente en un aspecto de la presente invención,

La Figura 9 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un sistema de conducción en el primer paso de pulsación de la presente invención, y

La Figura 10 es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un sistema de conducción en el segundo paso de pulsación de la presente invención.

A continuación, se explicarán realizaciones de la presente invención con referencia al ejemplo de la soldadura por puntos por resistencia del cual se hace un uso amplio en el ensamblaje de carrocerías de coches.

La combinación de láminas cubierta por la presente invención está compuesta por dos o más láminas de acero, al menos una de las cuales es una lámina de acero de alta resistencia a tracción de clase 590 MPa o más, superpuestas. En el ensamblaje normal de carrocerías de coches, dos o tres láminas de acero superpuestas se sueldan mediante soldadura por puntos por resistencia.

El tipo de lámina de acero de alta resistencia a tracción no está particularmente limitado. Por ejemplo, la invención se puede aplicar a lámina de acero endurecida por precipitación, lámina de acero DP, lámina de acero TRIP (con transformación inducida por trabajo), lámina de acero estampada en caliente, u otra lámina de acero de alta resistencia a tracción de 590 MPa de resistencia a tracción o más. El método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con la presente invención exhibe su efecto al ser realizado sobre combinaciones de láminas que incluyen lámina de acero de alta resistencia a tracción de 980 MPa de resistencia a tracción o más. Para obtener la acción y el efecto de la presente invención en mayor grado, el método se aplica preferiblemente a una combinación de láminas que incluye una lámina de acero de alta resistencia a tracción con una resistencia a tracción de 1200 MPa o más, más preferiblemente se aplica a una combinación de láminas que incluye una lámina de acero de alta resistencia a tracción con una resistencia a tracción de 1500 MPa o más.

Además, la lámina de acero de alta resistencia a tracción puede ser lámina de acero de alta laminada en frío o puede ser lámina de acero laminada en caliente. Además, la presencia o ausencia de chapado no es un problema. Lámina de acero chapada es aceptable aunque lámina de acero no chapada también es posible. Además, en el caso de lámina de acero chapada, el tipo de chapado también está no particularmente limitado.

Como se ha explicado anteriormente, la presente invención es efectiva para diferentes láminas de acero de alta resistencia a tracción, pero el efecto de la presente invención se exhibe particularmente en lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial con un estrecho rango de corriente apropiado. La lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial está conformada en su superficie con una solución sólida de compuestos intermetálicos y hierro mediante una reacción de aleación entre una película de chapado basada en zinc (Zn puro, Zn-Fe, Zn-Ni, Zn-Al, Zn-Mg, Zn-Mg-Al, etc.) o basada en aluminio (Al-Si, etc.) y el acero del material base. Además, estas superficies están conformadas con una capa de óxido compuesta principalmente de zinc o de aluminio. Además, a veces la superficie de la película compuesta principalmente por compuestos intermetálicos de hierro y aluminio está conformada con una película compuesta principalmente de óxido de zinc para mejorar la resistencia a la corrosión. Como se ha explicado anteriormente, la lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial incluye dichos óxidos en su superficie, por lo que se cree que se producen fácilmente proyecciones interiores y proyecciones exteriores. En el caso de un sistema de conducción de una sola etapa que utiliza una fuente de energía DC inversora, el rango de corriente apropiado es a menudo menor de 1 kA.

El espesor de la lámina de acero de alta resistencia a tracción no está particularmente limitado. En general, el espesor de la lámina de acero utilizada en partes de automóviles o carrocerías de coches es de 0,6 a 3,2 mm. La soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con la presente invención tiene suficiente efecto dentro de este rango.

La máquina de soldadura utilizada en la presente invención es una máquina de soldadura por puntos por resistencia con sistema DC inversor. Las máquinas de soldadura por puntos por resistencia incluyen el sistema AC monofásico y el sistema DC inversor. Cuando se suelda una combinación de láminas que incluye una lámina de acero estampada en caliente u otra lámina de acero de alta resistencia a tracción, con el sistema AC monofásico, es más difícil que se produzcan proyecciones incluso a un valor de corriente alto en comparación con el sistema DC inversor. Por otro lado, con el sistema DC inversor, aunque se exhibe una gran eficiencia de generación de calor, se producen más fácilmente proyecciones interiores y proyecciones exteriores con un valor de corriente bajo. Por esta razón, el sistema DC inversor tiene un rango de corriente apropiado más estrecho. En un emplazamiento real, la aplicabilidad es inferior en el caso de soldar combinaciones de láminas que incluyen una lámina de acero estampada en caliente u otra lámina de acero de alta resistencia a tracción. El método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con la presente invención está basado en la solución del problema de soldadura por puntos de tipo DC inversor.

El mecanismo de prensado en la soldadura por puntos por resistencia puede ser presionar mediante un servo motor o presionar mediante aire. Además, para la forma de la pistola, se puede utilizar una de tipo estacionario, una de tipo C, o una de tipo X. La fuerza de prensado en el momento de la soldadura no está particularmente limitada. Durante la soldadura por puntos por resistencia, la fuerza de prensado puede ser constante o la fuerza de prensado se puede modificar en los diferentes pasos. La fuerza de prensado es preferiblemente de 200 a 600 kgf.

Los electrodos en la soldadura por puntos por resistencia también están no particularmente limitados. Se pueden mencionar los electrodos de tipo DR con diámetros de punta de 6 a 8 mm. Como el ejemplo más representativo, existen electrodos de tipo DR con diámetros de punta de 6 mm y punta R40 mm. Para el material del electrodo, se

pueden utilizar electrodos de cuprocromo o de cobre con aluminio dispersado, pero desde el punto de vista de prevención de fusión y proyecciones exteriores, cobre con aluminio dispersado es preferible.

Para el sistema de conducción utilizado en la presente invención, se emplea el sistema de conducción por pulsación. "Conducción por pulsación" significa aplicación de una corriente constante en forma de pulsos al mismo tiempo que se presiona una posición en soldadura por puntos por resistencia y está compuesta por uno o más pulsos de corriente. En la presente invención, se utiliza una fuente de energía DC inversora, por lo que el pulso de corriente (en lo que sigue, denominado también simplemente "pulso") se convierte en una forma de onda de pulso rectangular o trapezoidal.

La Figura 8A muestra una forma de onda de pulso típica de una forma de onda de pulso rectangular. La abscisa muestra el tiempo, mientras que la ordenada muestra la corriente de soldadura aplicada. La correspondiente a la altura del rectángulo es la corriente de soldadura aplicada. La t_a correspondiente a la anchura del rectángulo es el tiempo de conducción del pulso, mientras que el intervalo t_i hasta el pulso adyacente es el tiempo de reposo de conducción de pulsos, el denominado intervalo. En el método de soldadura en la presente invención, el tiempo de conducción, el tiempo de reposo de conducción, y la corriente de soldadura se pueden controlar de manera variable para cada pulso. Controlando estos, es posible realizar un patrón de conducción apropiado para las condiciones de soldadura. La Figura 8B es un ejemplo de los cambios en los pulsos cuando la corriente de soldadura dibuja cualquier curva. Además, la forma de los pulsos no está limitada a un rectángulo. La parte ascendente y la parte posterior también pueden estar inclinadas con respecto al tiempo. Es decir, pueden ser trapezoidales o en casos extremos pueden ser triangulares.

En la presente invención, un "paso de pulsación" significa un grupo de pulsos de corriente en el que la relación entre el tiempo de conducción y el tiempo de reposo de conducción y la corriente de soldadura se puede expresar de manera uniforme en una pluralidad consecutiva de pulsos de corriente. Por ejemplo, cuando una pluralidad de pulsos consecutivos son constantes en tiempo de conducción t_a y tiempo de reposo t_i y la corriente de soldadura de un pulso se convierte en una función del tiempo, el grupo de pulsos de corriente que se puede expresar mediante esa función se convierte en un único paso de pulsación. La Figura 8C muestra un ejemplo del paso de pulsación donde el tiempo de conducción t_a y el tiempo de reposo t_i con constantes y la corriente de soldadura de un pulso se convierte en una función lineal del tiempo. La Figura 8D muestra un ejemplo del paso de pulsación donde el tiempo de conducción t_a y el tiempo de reposo t_i con constantes y la corriente de soldadura de un pulso se convierte en una función cuadrática del tiempo. Es decir, si la relación entre los pulsos se puede expresar de manera uniforme, al grupo de pulsos se le puede denominar "paso de pulsación".

La Figura 8E es una vista explicativa que muestra esquemáticamente un patrón de conducción descubierto por los inventores apropiado para cuando se sueldan lámina de acero estampada en caliente general y lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial mediante soldadura por puntos por resistencia. Este método de soldadura por puntos por resistencia tiene una pluralidad de pasos de pulsación. Está provisto de un paso inicial de un primer paso de pulsación y un segundo paso de pulsación subsiguiente. La corriente de soldadura mínima en el segundo paso de pulsación es mayor que la corriente de soldadura máxima en el primer paso de pulsación. Obsérvese que la "corriente de soldadura máxima en el primer paso de pulsación" significa el valor máximo de la corriente de soldadura de los pulsos en el primer paso de pulsación. De la misma manera, la "corriente de soldadura mínima en el segundo paso de pulsación" significa el valor mínimo de la corriente de soldadura de los pulsos en el segundo paso de pulsación. A continuación, se explicará cada paso en detalle.

En el paso de pulsación, el tiempo de conducción, el tiempo de reposo, y el número de pulsos se pueden ajustar mediante el tipo del material, espesor de lámina, y combinación de láminas. En el método de soldadura por puntos por resistencia de la presente invención, primero, el primer paso de pulsación se puede utilizar para hacer uso de la eficiencia de enfriamiento de los electrodos mejorando al mismo tiempo el ajuste de las superficies de contacto de las láminas de acero en un tiempo breve y para expandir la parte unida por prensado.

Además, en el caso de una lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial chapada con zinc o chapada con aluminio con una capa más exterior cubierta por una película de óxido de zinc u otra película de alta resistencia eléctrica, si se utiliza la fuente de energía DC inversora para conducción continua, la capa de óxido existente en la superficie de la lámina de acero se rompe localmente y la parte en la que la capa de óxido se rompe aumenta notablemente en densidad de corriente, por lo cual aumenta la fusión rápida y se producen proyecciones fácilmente. Debido al primer paso de pulsación en el que se repiten conducción y reposo, se puede hacer que las superficies de contacto vibren por expansión y contracción térmicas, por lo que la capa de óxido de alto punto de fusión se puede romper de forma efectiva. Debido a esto, es posible conformar una pluralidad de puntos de conducción en las interfaces de contacto entre el electrodo y la lámina de acero y entre una lámina de acero y otra lámina de acero (zona en la que fluye realmente la corriente) y es posible suprimir el aumento de densidad de corriente en la interfaz de contacto y suprimir el rápido crecimiento de la pepita. Debido a estas acciones, es posible suprimir la aparición de proyecciones interiores y de proyecciones exteriores mejorando al mismo tiempo el ajuste en un tiempo breve.

El tiempo de conducción por pulso en el primer paso de pulsación es preferiblemente de 5 a 60 ms. Si el tiempo de conducción es menor de 5 ms, el tiempo de calentamiento es corto y la generación de calor no es suficiente, mientras que si es mayor de 60 ms, el tiempo de calentamiento es demasiado largo y existe el riesgo de que aumente la tasa de aparición de proyecciones exteriores y proyecciones interiores. El tiempo de conducción es más preferiblemente 15 ms o más. Además, el tiempo de conducción es más preferiblemente 45 ms o menos, todavía más preferiblemente 25 ms o menos.

La corriente de soldadura en el primer paso de pulsación es preferiblemente de 5,0 a 14,0 kA. Normalmente, si el tiempo de conducción en pulsación aumenta, la corriente límite superior disminuye. La corriente de soldadura se ajusta preferiblemente de forma adecuada de modo que no se produzcan proyecciones en el primer paso de pulsación en el rango de 5,0 a 14,0 kA a partir del equilibrio con el tiempo de conducción. La corriente de soldadura se establece preferiblemente en un rango de $I_1 - 3,0$ a $I_1 - 0,2$ kA cuando se hace la corriente límite superior en el primer paso de pulsación I_1 (kA). Además, para simplificar la configuración del aparato de control de corriente de la máquina de soldadura por puntos, es preferible establecer la corriente de soldadura en el primer paso de pulsación en un valor constante.

El tiempo de reposo de conducción en el primer paso de pulsación (en adelante, denominado también "tiempo de reposo") es preferiblemente de 5 a 60 ms. Si el tiempo de reposo es menor que 5 ms, el reposo resulta corto y el enfriamiento insuficiente por lo que existe el riesgo de que se produzcan proyecciones interiores y proyecciones exteriores. Por otro lado, si el tiempo de reposo está por encima de 60 ms, la eficiencia de enfriamiento se vuelve demasiado grande y existe el riesgo de que la forma de la pepita en el segundo paso de pulsación explicado más adelante resulte insuficiente. El tiempo de reposo es más preferiblemente 15 ms o más. Además, el tiempo de reposo es todavía más preferiblemente 45 ms o menos, incluso más preferiblemente 25 ms o menos.

La forma de onda de corriente en el primer paso de pulsación es preferiblemente una forma de onda rectangular con un tiempo de conducción y un tiempo de reposo constantes, pero también puede ser una forma de onda que incluya una pendiente hacia arriba (parte ascendente inclinada de manera que aumente con respecto al tiempo) o pendiente hacia abajo (parte posterior inclinada de manera que disminuya con respecto al tiempo). El sistema de conducción en el primer paso de pulsación de la presente invención se muestra en la Figura 9. La Figura 9A muestra una forma de onda rectangular, la Figura 9B muestra una forma de onda con pendiente hacia arriba, y la Figura 9C muestra una forma de onda que incluye la forma rectangular después de la pendiente hacia arriba. Además, la Figura 9D muestra la forma de onda con pendiente hacia abajo después de una forma de onda rectangular, la Figura 9E muestra una forma de onda que incluye tanto una pendiente hacia arriba como una pendiente hacia abajo, y la Figura 9F muestra una forma de onda que se convierte en una pendiente hacia arriba sólo en la primera conducción.

El número de pulsos del primer paso de pulsación se hace preferiblemente al menos dos o más. Esto se debe a que, en el caso de lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial, si no se realiza la pulsación dos veces o más, a veces no se puede obtener el efecto de suprimir proyecciones. El número de pulsos es más preferiblemente tres o más. En general, cuanto mayor sea el espesor de lámina total, más se debería incrementar el número de pulsos, pero el número de pulsos es preferiblemente 50 o menos.

Cuando se aplica la presente invención a lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial tratada en su superficie mediante óxido de zinc, como el primer paso de pulsación, por ejemplo, es preferible repetir conducción y reposo de 5,5 a 12 kA a de 8,3 a 20 ms (de 0,5 a 1 ciclo a 50 Hz ó 60 Hz) de tres a 25 veces.

El método de soldadura por puntos por resistencia de la presente invención está provisto de un segundo paso de pulsación después del primer paso de pulsación. Es posible realizar el primer paso de pulsación para expandir el camino de conducción (unión de la corona) y, después de eso, realizar el segundo paso de pulsación para agrandar el tamaño de la pepita.

El segundo paso de pulsación da a la corriente una configuración de pulsación (forma del pulso) y de este modo favorece ligeramente la generación de calor de la lámina de acero. Además, es posible hacer que las superficies que hacen contacto vibren por expansión y contracción térmicas, por lo que es posible romper de forma efectiva la capa de óxido de alto punto de fusión. Debido a esto, es posible conformar una pluralidad de puntos de conducción (zonas en las que fluye realmente la corriente) entre los electrodos y las láminas de acero y en la interfaz de contacto entre una lámina de acero y otra lámina de acero y es posible suprimir el aumento de la densidad de corriente en la interfaz de contacto y suprimir el crecimiento repentino de la pepita. Debido a estas acciones, es posible ampliar el rango de corriente apropiado (no provocando proyecciones el rango de corriente de segunda conducción y proporcionando una pepita de $4\sqrt{t}$ o más) hasta 1,5 kA o más sin provocar proyecciones interiores y proyecciones exteriores hasta un alto valor de corriente.

En el segundo paso de pulsación, de acuerdo con la presente invención, para agrandar suficientemente el tamaño de la pepita, la corriente de soldadura mínima en el segundo paso de pulsación se incrementa hasta hacerla mayor que la corriente de soldadura máxima en el primer paso de pulsación. Como se ha explicado anteriormente, en una línea de producción en masa real, a veces diferentes factores externos hacen que el tamaño de pepita deseado no

se pueda obtener incluso si se realiza la segunda pulsación mediante un valor de corriente evaluado al nivel de la probeta de ensayo de la corriente límite inferior o más. Sin embargo, estableciendo la corriente de soldadura mínima en el segundo paso de pulsación de manera que sea mayor que la corriente de soldadura máxima en el primer paso de pulsación, resulta posible expandir de manera más estable el tamaño de la pepita. La corriente de soldadura mínima en el segundo paso de pulsación es preferiblemente mayor que la corriente de soldadura máxima en el primer paso de pulsación por 0,5 kA o más.

El tiempo de conducción por pulso en el segundo paso de pulsación es preferiblemente de 5 a 60 ms. Si el tiempo de conducción es menor que 5 ms, el tiempo de calentamiento resulta corto y la generación de calor no es suficiente, mientras que si es mayor de 60 ms, el tiempo de calentamiento es demasiado largo y la tasa de aparición de proyecciones exteriores y existe el riesgo de que aumenten las proyecciones interiores. El tiempo de conducción es más preferiblemente 15 ms o más. Además, el tiempo de conducción es más preferiblemente 45 ms o menos, todavía más preferiblemente 25 ms o menos.

La corriente de soldadura en el segundo paso de pulsación es preferiblemente de 5,0 a 16,0 kA. Normalmente, si el tiempo de conducción en una pulsación aumenta, la corriente límite superior disminuye. La corriente de soldadura se ajusta preferiblemente de forma adecuada de modo que no se produzcan proyecciones en el rango de 5,0 a 16,0 kA a partir del equilibrio con el tiempo de conducción. La corriente de soldadura se establece preferiblemente a un rango de $I_2-0,3$ kA o menos cuando se hace la corriente límite superior en el segundo paso de pulsación I_2 (kA). Además, para simplificar la configuración del aparato de control de corriente de la máquina de soldadura por puntos, es preferible establecer la corriente de soldadura en el primer paso de pulsación en un valor constante.

El tiempo de reposo de conducción en el segundo paso de pulsación es preferiblemente de 5 a 60 ms excepto al final. Si el tiempo de reposo es menor de 5 ms, el reposo resulta corto y el enfriamiento es insuficiente por lo que existe el riesgo de que se produzcan proyecciones interiores y proyecciones exteriores. Por otro lado, si el tiempo de reposo está por encima de 60 ms, la eficiencia de enfriamiento resulta demasiado grande y existe el riesgo de que la expansión del tamaño de la pepita resulte difícil. El tiempo de reposo es preferiblemente 45 ms o más, más preferiblemente 25 ms o menos.

El tiempo de reposo de conducción entre el primer paso de pulsación y el segundo paso de pulsación es preferiblemente de 5 a 120 ms. Si este tiempo de reposo es menor de 5 ms, se produce una gran generación de calor en el momento del segundo paso de pulsación. Se producen proyecciones incluso con un valor de corriente bajo. Por otro lado, si este tiempo de reposo está por encima de 120 ms, la pepita se enfría, la corriente límite inferior para obtener el tamaño de pepita objetivo aumenta en el segundo paso de pulsación, y, como resultado, el rango de corriente apropiado se vuelve más estrecho. El tiempo de reposo entre los pasos es preferiblemente 10 ms o más, más preferiblemente 15 ms o más. Además, el tiempo de reposo entre estos pasos es preferiblemente 60 ms o menos, más preferiblemente 50 ms o menos. Obsérvese que, cuando existe un paso de pulsación que sigue al segundo paso de pulsación, el tiempo de reposo entre los pasos de pulsación segundo y tercero no está particularmente limitado.

Es preferible hacer el número de pulsos en el segundo paso de pulsación al menos tres veces o más. Esto se debe a que si se hace tres veces o menos, a veces el efecto de agrandamiento del tamaño de la pepita no se puede explicar suficientemente. Más preferiblemente, es seis veces o más. En general, cuanto mayor sea el espesor de lámina total, más se debería incrementar el número de pulsos, pero incluso si se provoca pulsación más de 50 veces, el efecto tiende a saturarse, por lo que el número de pulsos es preferiblemente 50 veces o menos.

Si se está tratando con lámina de acero estampada en caliente u otro material de alta resistencia, después del segundo paso de pulsación, también es posible realizar una conducción o pulsación consecutiva adicional después del segundo paso de pulsación. Mediante la realización de conducción adicional después del segundo paso de pulsación, se facilita la segregación por solidificación de fósforo en la pepita y la pepita se convierte en una estructura de martensita revenida, por lo que se obtienen las ventajas de que se mejora la tenacidad de la pepita y se puede mejorar la resistencia de la unión soldada mediante soldadura por puntos.

El sistema de conducción en el segundo paso de pulsación de la presente invención se muestra en la Figura 10. La Figura 10A utiliza una pendiente hacia arriba en la segunda pulsación, mientras que la Figura 10B utiliza una forma de onda rectangular después de la pendiente hacia arriba. Además, la Figura 10C es una forma de onda que incluye una pendiente hacia abajo después de la forma de onda rectangular y la pendiente hacia arriba y la pendiente hacia abajo de la Figura 10D. Además, la Figura 10E es una forma de onda de una pendiente hacia arriba sólo al inicio de la segunda pulsación. La Figura 10F es una vista que muestra un patrón de conducción por pulsación adicional después de la segunda pulsación.

El método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con la presente invención puede estar provisto además de un paso de mantenimiento de no hacer pasar corriente, sino de utilizar los electrodos para presionar contra las láminas de acero después del primer paso de pulsación y del segundo paso de pulsación. Al proporcionar el paso de mantenimiento, es posible reducir la fisuración por solidificación en la pepita. El tiempo de mantenimiento

cuando se proporciona un paso de mantenimiento no está particularmente limitado, pero si el tiempo de mantenimiento es demasiado largo, conduce a un incremento en el tiempo de elaboración de cada unidad, por lo que 300 ms o menos es preferible.

- 5 A continuación, se utilizarán ejemplos para explicar de manera más específica la presente invención, pero la presente invención no está limitada a estos ejemplos.

Ejemplo 1

- 10 Utilizando una máquina de soldadura por puntos DC inversora de tipo de presión de aire provista de un electrodo de tipo DR (cobre con aluminio dispersado) con un diámetro de punta de 6 mm y una punta R40 mm, se superpusieron dos láminas de acero estampadas en caliente chapadas con Al y revestidas con ZnO calentadas en horno de clase 1500 MPa de 1,0 mm de espesor y se soldaron mediante soldadura por puntos por resistencia. La forma de la probeta de ensayo sobre la cual se realizó la soldadura por puntos por resistencia se hizo que fuera una tira de una anchura de 30 mm y una longitud de 100 mm. Obsérvese que la lámina de acero estampada en caliente chapada con Al y revestida con ZnO utilizada en la presente realización se fabricó mediante el siguiente método.

- Utilizando lámina de acero laminada en frío de 1,0 mm de espesor, se utilizó el método Sendzimir para chapado con Al. La temperatura de recocido en esta ocasión fue de aproximadamente 800°C. El baño de chapado con Al contenía Si: 9% y también contenía Fe eluído de la tira de acero. La cantidad de deposición de chapado se ajustó mediante el método de barrido con gas para ajustarla a 40 g/m² por una sola cara. Para ajustar la rugosidad superficial de la capa de chapado de Al, se pulverizó agua en el momento del enfriamiento después del chapado. Después de enfriar la lámina de acero chapada con Al, se aplicó como revestimiento una disolución de tratamiento mediante un aplicador de rodillo y la lámina se secó en un horno a aproximadamente 80°C. La disolución de tratamiento estaba compuesta por Nanotek Slurry fabricado por C. I. Kasei basada en el ZnO del cual se añadió un ligante constituido por resina de uretano soluble en agua hasta un máximo del 30% en contenido de sólidos y se añadió negro de humo para colorear hasta un máximo del 10% en contenido de sólidos. La cantidad de deposición se midió como la cantidad de Zn y se hizo que fuera 0,8 g/m². La lámina de acero así producida se calentó en un horno a 900°C durante 5 minutos (se calentó en atmósfera de aire), y a continuación se templó en un molde refrigerado por agua para obtener un material para ensayo. El método de soldadura se muestra en la Tabla 1. Obsérvese que se hizo que las fuerzas de prensado en el primer paso de pulsación y en el segundo paso de pulsación tuvieran valores constantes (350 kgf).

- Después de realizar el primer paso de pulsación con el valor de corriente mostrado en la Tabla 1, se modificó el valor de corriente en el segundo paso de pulsación y se investigaron el tamaño de la pepita y el estado de aparición de proyecciones. Se hizo que las corrientes de soldadura en el primer paso de pulsación y en el segundo paso de pulsación tuvieran respectivamente valores constantes. Los rangos de corriente apropiados del segundo paso de pulsación en los diferentes números de ensayo se muestran en la Tabla 2.

- Como se comprenderá a partir de la Tabla 2, los ejemplos de la invención permiten que se puedan elevar las corrientes límite superiores en el segundo paso de pulsación incluso cuando se superponen láminas de acero estampadas en caliente chapadas con Al y revestidas con ZnO. Un amplio rango de corriente apropiado por encima de 1,5 kA, más amplio que el ejemplo comparativo de la conducción de una sola etapa que no tiene un paso de pulsación, se puede obtener al nivel de la probeta de ensayo. Debido a esto, estableciendo el valor de corriente del segundo paso de pulsación a un valor de la corriente de $4\sqrt{t} + 1,5\text{kA}$ para la corriente de proyecciones, no se producirán proyecciones ni siquiera cuando se estén soldando partes reales e incluso si existe perturbación debida a derivación de corriente y desgaste de electrodos, es posible garantizar de forma estable una pieza soldada por puntos con un tamaño de pepita de $4\sqrt{t}$ o más. Por otro lado, en los ejemplos comparativos, si se establece la corriente a corriente de $4\sqrt{t} + 1,5\text{kA}$, se provocan proyecciones.

Ejemplo 2

- Utilizando una máquina de soldadura por puntos DC inversora de tipo de presión de aire provista de un electrodo de tipo DR (cobre con aluminio dispersado) con un diámetro de punta de 6 mm y una punta R40 mm, se superpusieron lámina de acero galvanizada y recocida (GA *plated*) de clase 270 MPa y espesor 0,7 mm, lámina de acero estampada en caliente chapada con Al y revestida con ZnO calentada en horno de clase 1500 MPa y espesor 1,0 mm, y lámina de acero no chapada de clase 440 MPa y espesor 1,2 mm y se soldaron mediante soldadura por puntos por resistencia. La forma de la probeta de ensayo en soldadura por puntos por resistencia se hizo que fuera una forma de tira de una anchura de 30 mm y una longitud de 100 mm. Obsérvese que la lámina de acero estampada en caliente chapada con Al y revestida con película de ZnO se fabricó por el mismo método que en el Ejemplo 1. El método de soldadura se muestra en la Tabla 2. Obsérvese que se hizo que la fuerza de prensado tuviera un valor constante (350 kgf) en el primer paso de pulsación y en el segundo paso de pulsación.

De la misma manera que en el Ejemplo 1, después de realizar el primer paso de pulsación en el valor de corriente mostrado en la Tabla 1, el valor de corriente en el segundo paso de pulsación se modificó para investigar el tamaño de pepita y el estado de aparición de proyecciones. Se hizo que las corrientes de soldadura en el primer paso de

pulsación y en el segundo paso de pulsación tuvieran respectivamente valores constantes. Los rangos de corriente apropiados en los segundos pasos de pulsación en los números de ensayo se muestran en la Tabla 3.

5 Como se comprenderá a partir de la Tabla 3, los ejemplos de la invención pueden elevar la corriente límite superior en el segundo paso de pulsación, por lo que es posible obtener un rango de corriente apropiado más amplio en comparación con los ejemplos comparativos que no tienen paso de pulsación y realizan conducción de una sola etapa.

10 La presente invención permite un amplio rango de corriente apropiado por encima de 2,0 kA al nivel de la probeta de ensayo incluso con una combinación de láminas en previsión de soldadura por puntos por resistencia de tres láminas superpuestas alrededor de una abertura de puerta tal como barras de techo, pilares B o centrales, juntas laterales, etc. de un coche. Debido a esto, en la presente invención, estableciendo el valor de corriente del segundo paso de pulsación a un valor de la corriente de $4\sqrt{t} + 1,5\text{kA}$ para la corriente de proyecciones, no se producirán proyecciones ni siquiera cuando se suelden piezas reales e incluso si existe perturbación debida a derivación de corriente y desgaste de electrodos, es posible garantizar de forma estable una pieza soldada por puntos con un tamaño de pepita de $4\sqrt{t}$ o más. Por otro lado, en los ejemplos comparativos, si se establece la corriente a la corriente de $4\sqrt{t} + 1,5\text{kA}$, se provocan proyecciones.

Ejemplo 3

20 Utilizando una máquina de soldadura por puntos DC inversora de tipo presión con servo provista de un electrodo de tipo DR (cuprocromo) con un diámetro de punta de 6 mm y una punta R40 mm, se superpusieron dos láminas de acero estampadas en caliente galvanizadas y recocidas (GA *plated*) de clase 1500 MPa y espesor 1,6 mm (cantidad de deposición de chapado antes de la estampación en caliente: 55 g/m² por cada lado, condiciones de calentamiento: 900°C, 4 minutos, calentamiento en horno) y se soldaron mediante soldadura por puntos por resistencia. El método de soldadura se muestra en la Tabla 3. La forma de la probeta de ensayo en la soldadura por puntos por resistencia se hace que sea una tira de una anchura de 30 mm y una longitud de 100 mm. Obsérvese que la fuerza de prensado es un valor constante (350 kgf) en el primer paso de pulsación y en el segundo paso de pulsación.

30 De la misma manera que en el Ejemplo 1, los inventores realizaron el primer paso de pulsación en el valor de corriente mostrado en la Tabla 1, y a continuación modificaron el valor de corriente en el segundo paso de pulsación e investigaron el tamaño de la pepita y el estado de aparición de proyecciones. Se hace que las corrientes de soldadura en el primer paso de pulsación y en el segundo paso de pulsación sean respectivamente valores constantes. Los rangos de corriente apropiados del segundo paso de pulsación en los diferentes números de ensayo se muestran en la Tabla 4.

40 Como se comprenderá a partir de la Tabla 4, los ejemplos de la invención permiten que se pueda elevar la corriente límite superior en el segundo paso de pulsación, por lo que es posible obtener un amplio rango de corriente apropiado de 1,5 kA o más al nivel de la probeta de ensayo incluso en comparación con los ejemplos comparativos que no tienen paso de pulsación y realizan una única etapa de conducción. Debido a esto, en la presente invención, estableciendo el valor de corriente del segundo paso de pulsación a corriente de $4\sqrt{t} + 1,5\text{kA}$ para la corriente de proyecciones, no se producirán proyecciones ni siquiera cuando se sueldan piezas reales e incluso si existe perturbación debida a derivación de corriente y desgaste de electrodos, es posible garantizar de forma estable una parte soldada por puntos con un tamaño de pepita de $4\sqrt{t}$ o más. Por otro lado, en los ejemplos comparativos, si se establece la corriente a corriente de $4\sqrt{t} + 1,5\text{kA}$, se provocan proyecciones.

Tabla 1

Ensayo nº	Primer paso de pulsación						Tiempo de reposo entre pasos de pulsación (ms)	Segundo paso de pulsación				Coment arios	
	Corriente de soldadura (kA)	Tiempo de conducción			Comentar ios	Tiempo de reposo (ms)		Nº de pulsos	Tiempo de conducción			Nº de pulsos	Ej. Comp.
		Pendiente ascenden te (ms)	Corriente constante (ms)	Pendiente descenden te (ms)					Pendiente ascenden te (ms)	Corriente constante (ms)	Pendiente descende nte (ms)		
1	-	-	-	-	-	-	-	-	333	-	-	1	
2	7,5	16,6	-	-	-	16,6	2	16,6	-	16,6	-	9	
3	6,5	16,6	-	-	-	16,6	9	16,6	-	16,6	-	9	
4	5,5	33,3	-	-	-	16,6	7	16,6	-	16,6	-	9	
5	5,5	16,6	-	-	-	16,6	7	16,6	-	16,6	-	9	
6	5,5	16,6	16,6	-	-	16,6	7	16,6	-	16,6	-	9	
7	6,5	16,6	16,6	-	Pendiente ascenden te sólido	16,6	7	16,6	-	16,6	-	9	
8	6,5	-	16,6	-	-	16,6	7	16,6	-	16,6	-	9	
9	6,5	-	16,6	-	-	16,6	7	16,6	-	33,3	-	9	
10	6,5	-	16,6	-	-	16,6	7	16,6	-	50,0	-	9	
11	6,5	-	16,6	-	-	16,6	7	16,6	16,6	16,6	-	9	
12	6,5	-	16,6	-	-	16,6	7	16,6	-	16,6	16,6	9	
13	6,5	-	16,6	-	-	16,6	7	16,6	-	16,6	-	4	
14	6,5	-	16,6	-	-	16,6	7	116	-	16,6	-	9	
15	6,5	-	5,0	-	-	5,0	23	16,6	-	5,0	-	30	
16	6,5	-	10,0	-	-	5,0	13	5,0	-	10,0	-	15	
17	Primer paso: 6,1 kA-200 ms, segundo paso: 3,7 kA-150 ms							Tercer paso: 300 ms					Ej. Comp.

Tabla 2

Ensayo n°	Resultados					
	Corriente de $4\sqrt{t}$ (kA)	Corriente de proyecciones (kA)	Rango de corriente apropiado (kA)	Corriente de soldadura (kA)	Observaciones	
1	4,5	4,8	0,3	6,0	Proyecciones	Ej. Comp.
2	6,0	8,2	2,2	8,0	Sin proyecciones	Ejemplos de la Invención
3	5,0	8,8	3,8	7,0	Sin proyecciones	
4	5,5	8,5	3,0	7,0	Sin proyecciones	
5	5,8	8,8	3,0	7,3	Sin proyecciones	
6	5,4	8,8	3,4	6,9	Sin proyecciones	
7	5,3	8,5	3,2	6,8	Sin proyecciones	
8	5,5	8,8	3,3	7,0	Sin proyecciones	
9	5,3	7,3	2,0	6,8	Sin proyecciones	
10	5,3	7,0	1,7	6,8	Sin proyecciones	
11	5,5	7,5	2,0	7,0	Sin proyecciones	
12	5,5	7,5	2,0	7,0	Sin proyecciones	
13	6,0	9,0	3,0	7,5	Sin proyecciones	
14	5,5	9,5	4,0	7,0	Sin proyecciones	
15	5,5	8,3	2,8	7,0	Sin proyecciones	
16	5,3	8,0	2,7	6,8	Sin proyecciones	
17	5,3	6,3	1,0	6,8	Proyecciones	Ej. Comp.

5

Tabla 3

Ensayo n°	Resultados					
	Corriente de $4\sqrt{t}$ (kA)	Corriente de proyecciones (kA)	Rango de corriente apropiado (kA)	Corriente de soldadura (kA)	Observaciones	
1	6,5	7,5	1,0	8,0	Proyecciones	Ej. Comp.
2	6,8	9,0	2,2	8,3	Sin proyecciones	Ejemplos de la Invención
3	6,3	11,0	4,7	7,8	Sin proyecciones	
4	6,3	10,5	4,2	7,8	Sin proyecciones	
5	6,5	10,8	4,3	8,0	Sin proyecciones	
6	6,5	10,8	4,3	8,0	Sin proyecciones	
7	6,5	11,0	4,5	8,0	Sin proyecciones	
8	6,5	11,2	4,7	8,0	Sin proyecciones	
9	6,5	9,5	3,0	8,0	Sin proyecciones	
10	6,3	8,5	2,2	7,8	Sin proyecciones	
11	6,5	9,5	3,0	8,0	Sin proyecciones	
12	6,5	9,8	3,3	8,0	Sin proyecciones	
13	7,0	9,8	2,8	8,5	Sin proyecciones	
14	7,0	10,3	3,3	8,5	Sin proyecciones	
15	6,5	10,3	3,8	8,0	Sin proyecciones	
16	6,5	10,0	3,5	8,0	Sin proyecciones	
17	6,5	7,8	1,3	8,0	Proyecciones	Ej. Comp.

De acuerdo con la presente invención, en la soldadura por puntos por resistencia de láminas de acero de alta resistencia a tracción superpuestas, es posible suprimir la aparición tanto de proyecciones exteriores como de proyecciones interiores ampliando al mismo tiempo el tamaño de la pepita en soldadura por puntos por resistencia incluso si se utiliza una fuente de energía DC inversora. Por lo tanto, si se utiliza el método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con la presente invención, resulta posible realizar de forma eficiente y estable soldadura por puntos por resistencia incluso con lámina de acero en la que se producen fácilmente proyecciones, tal como lámina de acero estampada en caliente sometida a tratamiento superficial.

Además, de acuerdo con el método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con la presente invención, es posible mejorar la calidad de apariencia de los paneles laterales y otras partes de una carrocería de coche suprimiendo la aparición de proyecciones. Además, es posible impedir que se adhieran proyecciones a las partes móviles del robot y por lo tanto mejorar la tasa operativa del robot. Además, es posible eliminar procesos posteriores que acompañan a la aparición de proyecciones tales como el desbarbado, por lo que es posible mejorar la eficiencia del trabajo.

REIVINDICACIONES

1. Un método de soldadura por puntos por resistencia para soldar una pluralidad de láminas de acero que incluye una lámina de acero de alta resistencia a tracción superpuesta, en el cual en dicho método de soldadura por puntos por resistencia, el sistema de conducción es conducción por pulsación utilizando una fuente de energía de soldadura, y,
5 en la pluralidad de pulsos de corriente que forman la conducción por pulsación, en los respectivos pulsos de corriente, el tiempo de conducción, los intervalos de los pulsos de corriente definidos como el tiempo de reposo de conducción, y las corrientes de soldadura aplicadas por los pulsos de corriente se controlan de manera variable,
10 estando el método de soldadura por puntos por resistencia **caracterizado por que:**

la fuente de energía de soldadura es una fuente de energía de soldadura DC inversora,
15 que tiene una pluralidad de pasos de pulsación de un grupo de pulsos de corriente mediante los cuales la relación entre dicho tiempo de conducción y dicho tiempo de reposo de conducción y dicha corriente de soldadura se puede expresar de manera uniforme en una pluralidad consecutiva de dichos pulsos de corriente,
donde, en un paso de pulsación inicial de primer paso de pulsación y un segundo paso de pulsación subsiguiente,
20 una corriente de soldadura mínima en dicho segundo paso de pulsación es mayor que una corriente de soldadura máxima en dicho primer paso de pulsación.
2. El método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual, en dicho primer paso de pulsación, existen dos o más pulsos de corriente, un tiempo de conducción de un pulso de corriente es
25 respectivamente de 5 a 60 ms, y un tiempo de reposo de conducción es de 5 a 60 ms,

en dicho segundo paso de pulsación, existen tres o más pulsos de corriente, un tiempo de conducción de un pulso de corriente es respectivamente de 5 a 60 ms, y un tiempo de reposo de conducción es de 5 a 60 ms, y
30 un tiempo de reposo de conducción entre dicho primer paso de pulsación y dicho segundo paso de pulsación es de 5 a 120 ms.
3. El método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el cual una corriente de soldadura en dicho primer paso de pulsación es de 5,0 a 14,0 kA, mientras que una corriente de soldadura en dicho segundo paso de pulsación es de 5,0 a 16,0 kA.
35
4. El método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual una corriente de soldadura mínima en dicho segundo paso de pulsación es 0,5 kA o más mayor que una corriente de soldadura máxima en dicho primer paso de pulsación.
- 40 5. El método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual una corriente de soldadura en dicho primer paso de pulsación es un valor constante, y una corriente de soldadura en dicho segundo paso de pulsación es un valor constante.
- 45 6. El método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual una superficie de dicha lámina de acero de alta resistencia a tracción está cubierta por una película de recubrimiento basada en zinc o una película de recubrimiento basada en aluminio.
7. El método de soldadura por puntos por resistencia de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual dicha lámina de acero de alta resistencia a tracción es una lámina de acero estampada en caliente.
50

FIG. 1

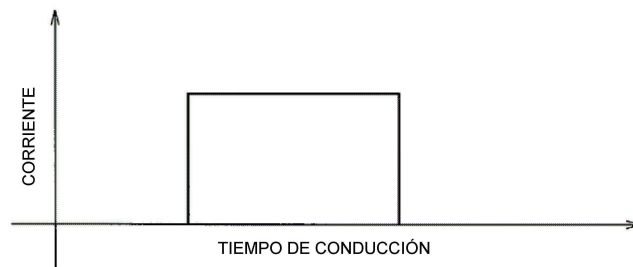


FIG. 2

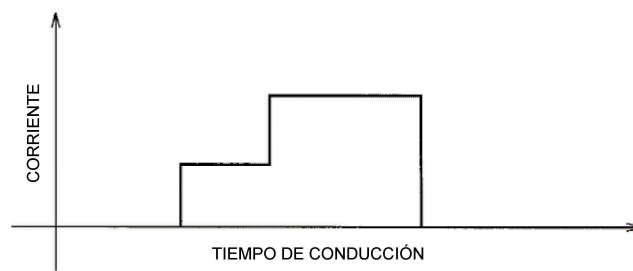


FIG. 3

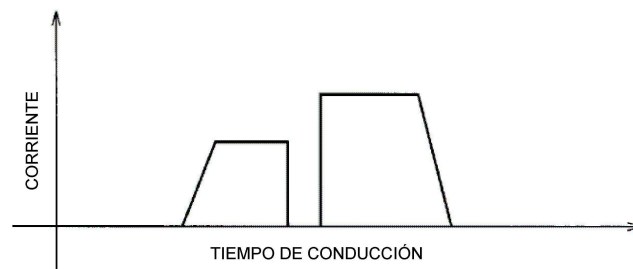


FIG. 4

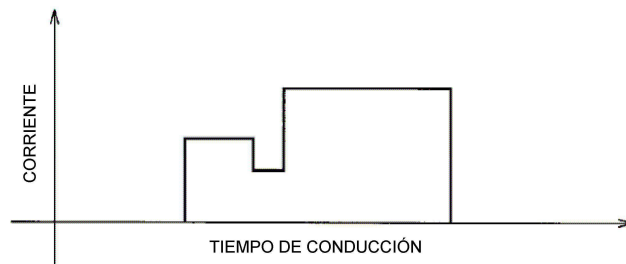


FIG. 5

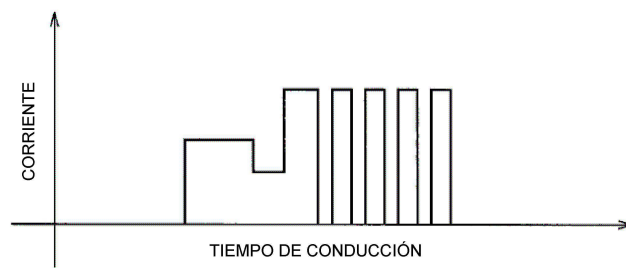


FIG. 6

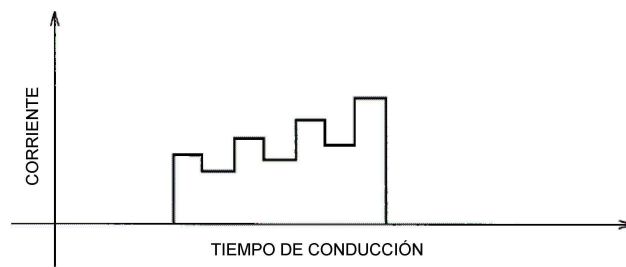


FIG. 7

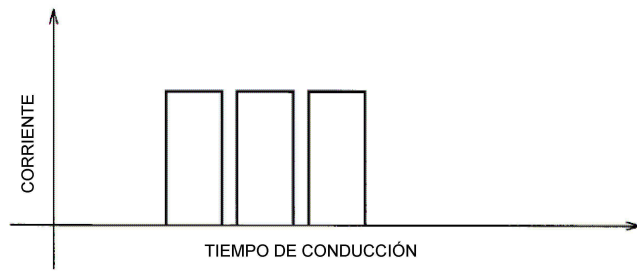


FIG. 8 (a)

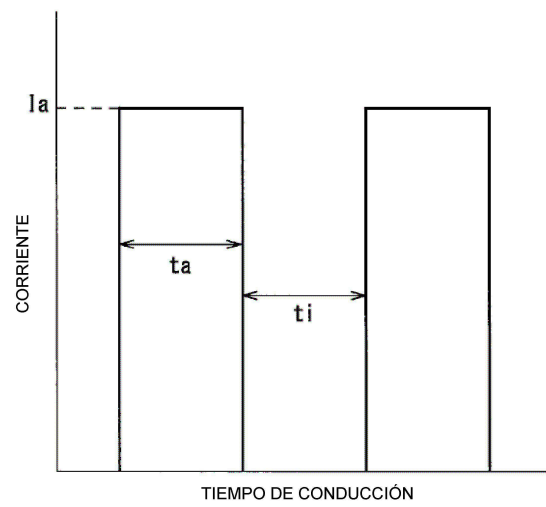


FIG. 8 (b)

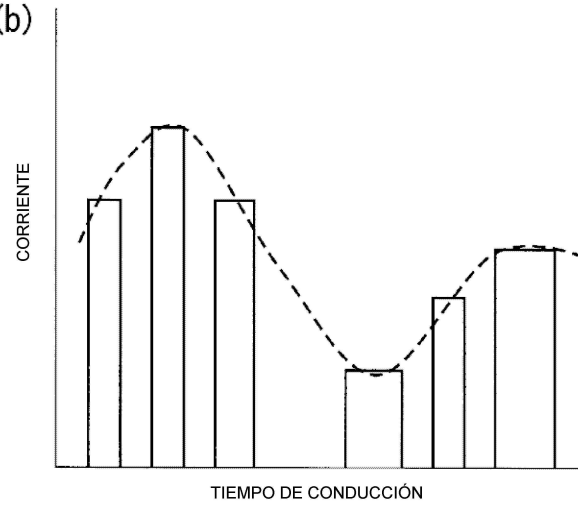


FIG. 8 (c)

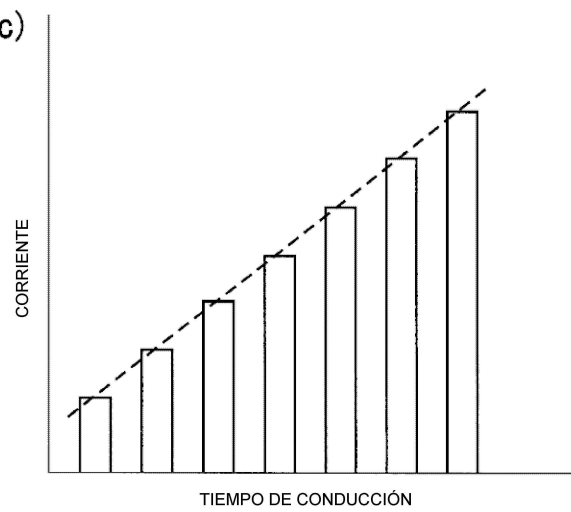


FIG. 8 (d)

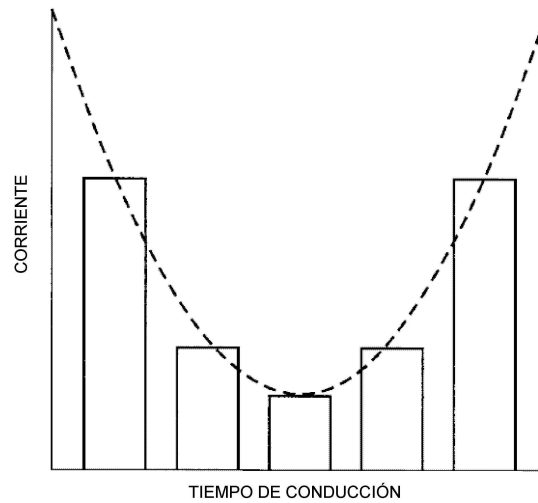


FIG. 8 (e)

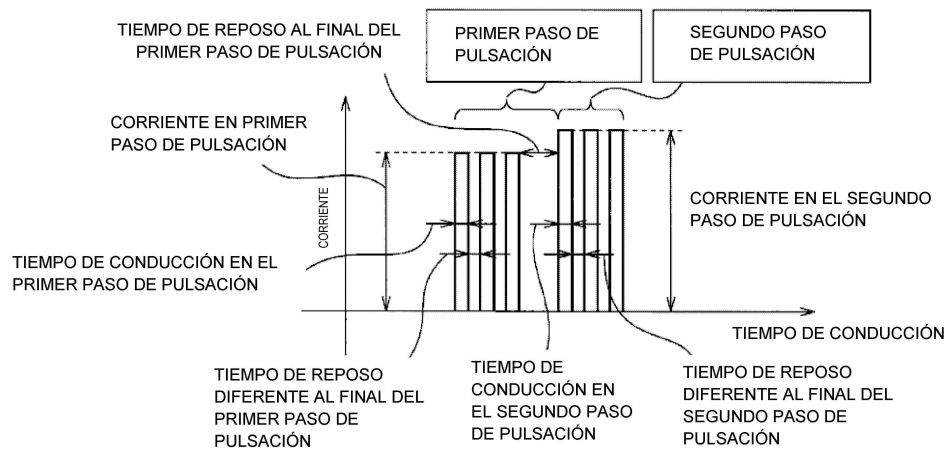


FIG. 9

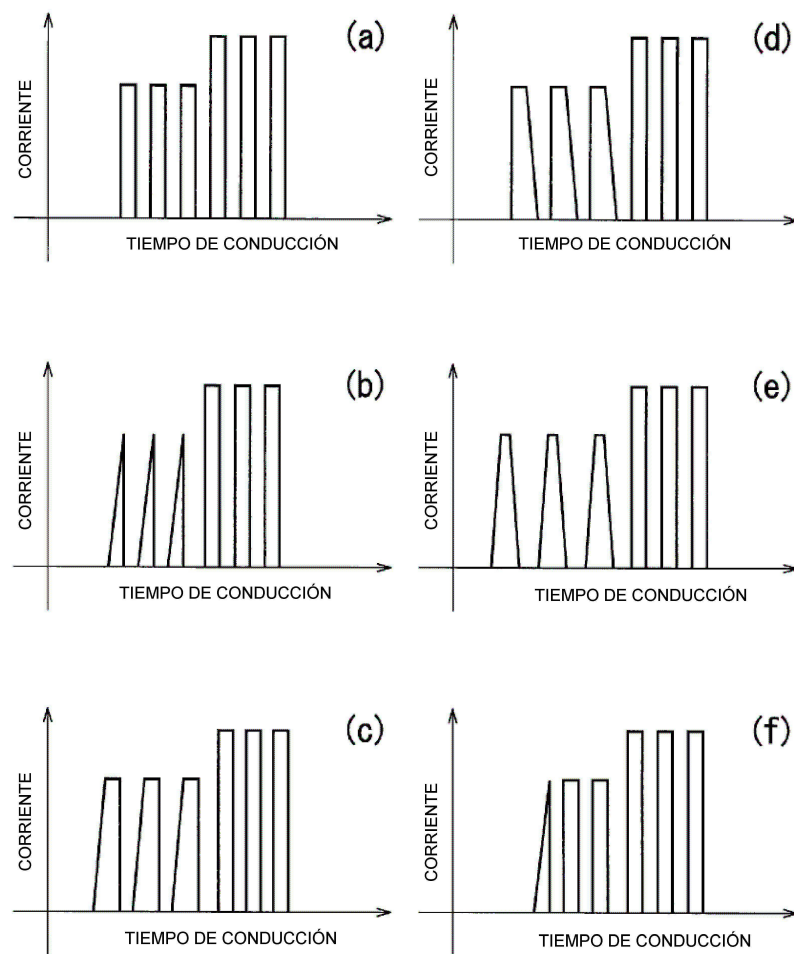


FIG. 10

