

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 397**

51 Int. Cl.:

**B23K 9/095** (2006.01)

**B23K 9/12** (2006.01)

**B23K 9/133** (2006.01)

**B23K 9/09** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.10.2013 PCT/US2013/066915**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.06.2014 WO14085001**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2013 E 13791871 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017 EP 2925476**

54 Título: **Método de supervisión de la vida útil de la punta de contacto de soldadura GMAW pulsada en función de parámetros representativos**

30 Prioridad:

**30.11.2012 US 201213690061**

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

**18.01.2018**

73 Titular/es:

**ILLINOIS TOOL WORKS INC. (100.0%)  
155 Harlem Avenue  
Glenview, IL 60025, US**

72 Inventor/es:

**MA, TIEJUN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 650 397 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 supervisión de la vida útil de la punta de contacto de soldadura GMAW pulsada en función de parámetros representativos

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a puntas de contacto para un soldador, y más en concreto a un método para supervisar la vida útil de una punta de contacto en un soldador durante aplicaciones de soldadura GMAW pulsada (soldadura a gas y arco metálico) según el preámbulo de la reivindicación 1 (véase, por ejemplo, el documento US2012/0234812 A1), y esto utilizando formas de onda no constantes de pulsos de tensión.

Antecedentes de la invención

- 10 En lo que se refiere a aplicaciones robóticas y automáticas de fabricación con GMAW, en la técnica se conoce que la punta de contacto de un soldador, que es un artículo consumible, por lo general se reemplaza entre turnos, durante el mantenimiento o cuando un operario observa defectos de soldadura inaceptables en la fabricación de piezas de trabajo. Si hay que reemplazar la punta de contacto durante un turno, toda la línea o célula de soldadura debe apagarse, lo que da lugar a retrasos en la fabricación y a un aumento de los costes para la planta.
- 15 Decidir cuándo hay que reemplazar una punta de contacto es un proceso subjetivo. Algunos operarios pueden aprobar (aceptar) algunas piezas de trabajo que tengan defectos de soldadura, mientras que otros operarios pueden ser menos tolerantes a los defectos, consumiendo de este modo más puntas de contacto y generando más suspensiones con el paso del tiempo. También, por lo general, cuando un operario determina que hay que reemplazar una punta de contacto, es que han empezado a presentarse defectos de soldadura, significando esto
- 20 que algunas piezas de trabajo pueden tener que repararse o rasparse por razones de calidad.

25 Históricamente, han existido dos mecanismos principales de falla de punta de contacto que se han observado durante los últimos 50 años en aplicaciones de soldadura de tensión constante (CV). El primero es el desgaste excesivo en la parte delantera del orificio en la punta de contacto, que se conoce como «cerradura». El segundo mecanismo de falla es una interrupción súbita del suministro de alambre de electrodo para soldar a causa de una obstrucción, un atasco o una fuerza de suministro excesiva dentro de la punta de contacto, que hace que el arco de soldadura recaliente la punta de contacto, lo que se conoce como «recalentamiento».

30 La aplicación de nuevos procesos de soldadura GMAW, en especial soldadura pulsada, durante la década pasada, ha introducido un nuevo mecanismo de falla de punta de contacto. La corriente de alta frecuencia y de pico alto de soldadura pulsada hace que las condiciones de trabajo de la punta de contacto sean más críticas que en la soldadura CV. Por ejemplo, es común que un alambre de electrodo sólido de 0.9 mm (0,035 pulgadas) se suelde a una corriente pico de 400 A en una aplicación de soldadura pulsada, mientras que, en aplicaciones de tensión constante, la corriente de soldadura típica sólo es de alrededor de 170 a 220 A. A medida que corriente se duplica, la energía o potencia transferida a través de la punta de contacto a la interfaz de alambre de electrodo se cuadruplica. También, en la soldadura pulsada, la corriente de soldadura cambia de la corriente de fondo (100 A) a

35 la corriente de pico (400 A) de 0,15 a 0,30 ms, lo que corresponde a una velocidad de 1 a 2 millones de amperios por segundo. La alta corriente de soldadura y el aumento drástico de corriente provocan una erosión significativa del arco en la punta de contacto, deteriorando así la punta de contacto. Las aplicaciones de soldadura pulsada, por lo general, se establecen a altas velocidades de soldadura y por tanto requieren un suministro preciso de las formas de onda de corriente de soldadura al arco. Por tanto, el funcionamiento constante de la punta de contacto es más crítico que en aplicaciones CV. La vida útil de una punta de contacto en aplicaciones pulsadas es considerablemente más corta que en aplicaciones CV. Es más probable que una punta de contacto tenga que reemplazarse durante un turno, y saber cuándo reemplazar la punta de contacto es importante para evitar defectos de soldadura y minimizar costes de funcionamiento.

40

45 Los sistemas de control convencionales en aplicaciones robóticas y automáticas de soldadura comparan la corriente y la tensión de soldadura ordenadas (deseadas) con datos medidos reales. Cuando la diferencia entre los valores ordenados y los datos medidos es mayor que un determinado umbral predeterminado, el sistema considerará que la soldadura no cumple las normas y solicitará una acción inmediata tal como la parada de la línea de fabricación. Sin embargo, no existe un método de supervisión que evalúe la vida útil de una punta de contacto en aplicaciones GMAW pulsadas, con el fin de emitir una alarma u otra señal antes de la ocurrencia de defectos de soldadura de manera que la punta de contacto pueda cambiarse antes de la falla. Además, los métodos de supervisión conocidos no logran tener en cuenta de manera adecuada factores de ruido tales como el comienzo del arco, la detención del arco y errores de fabricación tales como la variación de las dimensiones de las piezas. Por tanto, existe la necesidad de supervisar y evaluar el deterioro de puntas de contacto en tiempo real en aplicaciones GMAW pulsadas de manera que las puntas de contacto puedan reemplazarse antes de la ocurrencia de defectos de soldadura o al

50

55 menos de una manera controlable, de manera que los defectos de soldadura y el reemplazo de puntas de contacto se mantengan al mínimo.

En el estado de la técnica, Yukimitsu (documento de patente US 1.293.088) utilizó la corriente media durante el periodo de formación de arco para indicar el desgaste de la punta de contacto, El método se basaba en soldadura

de cortocircuito (también conocida como GMAW de «arco-corto»), que es uno de los modos de transferencia de metal en la soldadura de tensión constante (CV). Kitagawa (documento JP 2000-24779) contó las variaciones periódicas de la corriente de soldadura para interpretar el deterioro de la punta de contacto. Estas variaciones periódicas fueron ocasionadas por las vueltas o la curvatura radial del alambre de electrodo, y los cambios periódicos de la fuerza de contacto y la posición del alambre de soldadura dentro de la punta de contacto. Tanto Yukimitsu como Kitagawa se basaron en la soldadura de tensión constante (CV) y por tanto no tuvieron en cuenta ni el nuevo mecanismo de falla de la punta de contacto en aplicaciones pulsadas ni la versatilidad del control de soldadura pulsada.

Breve descripción de la invención

La presente invención proporciona un método para supervisar y evaluar la vida útil de una punta de contacto en procesos robóticos o automáticos de fabricación que usan aplicaciones GMAW pulsadas. En aplicaciones que no son CV, tales como soldadura GMAW pulsada, la corriente y la tensión de soldadura varían periódicamente entre valores pico y de fondo a frecuencia controlada, en tasas de aumento gradual, etc., que definen en conjunto una forma de onda. El presente método utiliza una disminución de frecuencia de los pulsos, un aumento de la longitud del fondo, y/o un aumento de la ocurrencia de tensión anormalmente baja, que corresponde a la falta del electrodo que se suministra a la mezcla de materiales de soldadura, para evaluar el deterioro de la punta de contacto. La valoración del deterioro de la punta de contacto permite que un operario sea proactivo en lugar de reactivo al reemplazar las puntas de contacto deterioradas.

Más en concreto, un método para supervisar la vida útil de una punta de contacto en un soldador durante aplicaciones de soldadura GMAW pulsada de acuerdo con la presente invención se define en la reivindicación 1.

La corriente y la tensión de soldadura se miden en una serie de soldaduras repetidas. Los datos de soldadura obtenidos se almacenan. Los datos almacenados que corresponden al comienzo de arco y a la detención de arco se eliminan. El deterioro de la punta de contacto se evalúa en función de uno o ambos de (i) una disminución de la frecuencia de los pulsos, e (ii) un aumento de la longitud del fondo entre dos picos. La valoración se emite como datos de la vida útil de la punta de contacto.

También de acuerdo con la presente invención, las mediciones pueden tomarse de una serie de soldaduras representativas repetidas en un entorno de producción. La soldadura representativa puede ser de más de 3 segundos. Los datos de la vida útil de la punta de contacto pueden suministrarse continuamente a un operario o controlador.

De manera opcional, cuando los datos de la vida útil de la punta de contacto alcanzan un valor umbral, se hace sonar una alarma, se muestra un mensaje de advertencia, se programa un cambio de punta de contacto y/o se activa un cambio automático de la punta de contacto.

Estas y otras características y ventajas de la invención se comprenderán mejor a partir de la siguiente descripción detallada de la invención tomada en combinación con los dibujos que se acompañan.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos:

La figura 1 es una vista esquemática de una célula de fabricación con soldadura robótica;

La figura 2 es una ilustración esquemática de una forma de onda pulsada y sus mecanismos de adaptación;

La figura 3 es un gráfico que compara ondas de pulsos extraídas de una nueva punta de contacto y una punta de contacto que se ha utilizado;

La figura 4 es un gráfico que muestra la ocurrencia de una tensión anormalmente baja en datos de soldadura; y

La figura 5 es un gráfico de la corriente y la tensión de soldadura para una soldadura representativa, que incluye un tiempo de comienzo de arco y un tiempo de detención de arco.

Descripción detallada de la invención

Con referencia ahora a los dibujos en detalle, el número 10 en la figura 1 indica generalmente una célula de fabricación con soldadura robótica. La célula de soldadura 10 por lo general incluye un robot de soldadura 12 que incluye un soldador 13, una mesa giratoria 14 dispuesta en una relación de trabajo con respecto al robot, una fuente de energía 16 conectada al robot, un controlador de robot 18 conectado a la fuente de energía 16, el robot 12 y la mesa giratoria 14, y una pantalla y un control de línea de fabricación (MLDC) 20. La mesa giratoria 14 puede tener dos lados que incluyen un lado A 22 que sostiene una pieza de trabajo tal como una pieza 24 y un lado B 26 que sostiene una pieza de trabajo tal como una pieza 28. Aunque la pieza 24 se suelda mediante el robot 12, la pieza 28 puede ser cargada/descargada mediante un robot de manipulación o un operario humano.

La fuente de energía para soldar 16 y el controlador de robot 18 pueden estar separados o pueden integrarse en una unidad. En cualquier caso, la fuente de energía 16 y el controlador 18 proporcionan energía adecuada para soldar y controlan los lugares y las secuencias para soldar. El MLDC 20 supervisa y controla la soldadura realizada en la célula 10, que incluye la manipulación de los programas de soldadura del robot, el movimiento de la pieza, el acoplamiento del aparato y la seguridad, y muestra información que indica el estado de la célula. El MLDC 20 también puede coordinar una línea completa de fabricación que tiene más de una célula de soldadura.

La mayoría de las fuentes de energía que se utilizan actualmente en líneas de fabricación automáticas de soldadura, son fuentes de energía digitales que tienen sistemas integrados de grabación de datos que permiten la obtención en tiempo real de parámetros de soldadura, que incluyen corriente de soldadura, tensión de soldadura, velocidad de alimentación de alambre y equivalentes. En la presente invención, la corriente y la tensión de soldadura se obtienen y procesan mediante la fuente de energía 16 o el controlador de robot 18 o un dispositivo independiente tal como el MLDC 20, de manera que pueden calcularse valores digitales y a continuación mostrarse en el MLDC.

El soldador 13 está equipado con una punta de contacto a través de la cual se suministra alambre de electrodo consumible mientras que el robot 12 suelda piezas de trabajo. La misma punta de contacto es un artículo consumible y debe reemplazarse periódicamente para mantener una calidad de soldadura aceptable. Saber cuándo reemplazar la punta de contacto es importante para prevenir defectos de soldadura y al mismo tiempo minimizar costes de funcionamiento. La presente invención proporciona un método para supervisar y evaluar la vida útil de la punta de contacto de soldador en la célula de trabajo de soldadura 10.

Una forma de onda pulsada se muestra de manera esquemática en la figura 2. Esta incluye una serie de corriente 21 y tensión 23, que cambian periódicamente entre picos (valores altos) y un fondo (valores bajos). De manera ideal, un ciclo de pulsos proporciona suficiente energía para fundir una gota de alambre de electrodo y transferirla a la mezcla líquida de materiales de soldadura. Diferentes alambres de soldadura (materiales y dimensiones) utilizan diferentes parámetros de forma de onda (valor pico, valor de fondo, frecuencia, velocidad de aumento gradual, etc.). Sin embargo, debido a la dinámica del campo electromagnético, el arco de plasma, así como la variación del alambre de soldadura, las piezas, etc., la forma de onda pulsada se ajusta de manera dinámica mediante la fuente de energía para mantener un arco suave. Este mecanismo de ajuste, denominado «de adaptación», por lo general incluye: (a) ajustar la longitud del fondo 25; (b) ajustar el valor del pico 27; y (c) ajustar el valor del fondo 29. La opción (a) es el mecanismo más utilizado actualmente.

Por ejemplo, cuando una punta de contacto se deteriora, la resistencia eléctrica del bucle (circuito) de soldadura aumenta, y la fuente de energía de pulso 16 usa el mecanismo de adaptación (a) para aumentar automáticamente la longitud del fondo de la forma de onda de pulso. Puesto que la duración del pico de pulso permanece sin cambios, la frecuencia de pulso se reduce en consecuencia.

La figura 3 ilustra gráficamente que la frecuencia de los pulsos disminuye como una función del uso (tiempo total de arco encendido) de una punta de contacto. De manera específica, la longitud de fondo 32, o el tiempo entre picos 30, es mayor después de 70 minutos de tiempo de arco encendido que después de 5 minutos de tiempo de arco encendido (utilizando la misma punta de contacto), y es mayor después de 115 minutos de tiempo de arco encendido que después de 70 minutos de tiempo de arco encendido. Por tanto, a medida que la punta de contacto se deteriora durante el uso, la longitud (periodo de tiempo) de fondo aumenta y la frecuencia de los pulsos disminuye.

La figura 4 muestra la forma de onda en el caso de ocurrencia de tensión anormalmente baja. La forma de onda incluye corriente 35 y tensión 36. La escala de tiempo (eje X del gráfico) está en unidades de milisegundos. En esta solicitud, el fondo de la tensión 36 se establece en un valor de alrededor de 22 a 27 V. Sin embargo, si de alguna manera el extremo delantero del alambre de electrodo no se funde y se desprende por completo al final de un pulso, el electrodo tocará la mezcla de materiales de soldadura, y acortará todo el bucle (circuito) de soldadura. Esto provoca una caída súbita de la tensión a menos de 10 V (tensión anormalmente baja 37), o a menos del 50 % del valor establecido. El deterioro de la punta de contacto aumenta la posibilidad de la ocurrencia de este defecto de arco.

La figura 5 muestra los datos de soldadura medidos durante la formación de una soldadura representativa, que incluyen la corriente 41, la tensión 42 y la corriente media 43. La escala de tiempo (eje X del gráfico) está en unidades de segundos y la «longitud» de la soldadura (la duración necesaria de tiempo de arco encendido para formar la soldadura) es aproximadamente de 5,5 segundos. Los datos de soldadura incluyen una pluralidad de pulsos (teniendo cada pulso una duración de aproximadamente 2 a 3 milisegundos, como se muestra, por ejemplo, en la figura 3). El gráfico indica que los datos de soldadura al comienzo («comienzo de arco») y al final («detención de arco») son inestables y tienen formas de ondas especiales. Estas variaciones conocidas no son representativas del funcionamiento de la punta de contacto. Por tanto, los datos de soldadura obtenidos durante el comienzo de arco (por ejemplo, 0,25 segundos desde el comienzo) y la detención de arco (por ejemplo, 0,2 segundos antes de la detención) pueden eliminarse durante el procesamiento.

Con el fin de que el soldador 13 realice una soldadura en la pieza 24, se aplica una forma de onda pulsada a través del soldador al alambre de electrodo. Mientras que soldador 13 es utilizado, la corriente y la tensión de soldadura instantáneas se miden para obtener datos de soldadura, tal como se muestra en la figura 5. La frecuencia de

5 adquisición de datos debe ser lo suficientemente alta como para distinguir los detalles de los datos de forma de onda (en donde cada pulso tiene una duración del orden de milisegundos), por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 20.000 consultas por segundo (Hz). De acuerdo con la presente invención, los datos de soldadura se obtienen en una serie de soldaduras representativas repetidas en piezas en un entorno de producción. Esto se debe al hecho de que el tipo y lugar de la soldadura sobre la pieza pueden influir en la corriente/tensión de soldadura. Por tanto, las variaciones en la corriente/tensión de soldadura que no se deben al desgaste de la punta de contacto, se observan como varias soldaduras que se realizan sobre una pieza. La medición de la corriente/tensión de soldadura solamente para una soldadura representativa entre piezas, elimina este ruido de datos medidos. De preferencia, la soldadura representativa es una soldadura que lleva más de tres segundos de tiempo de arco encendido para completarse (es decir, la soldadura tiene una «longitud» mayor de tres segundos).

10 Después de eliminar los datos de soldadura que corresponden al comienzo de arco y a la detención de arco, se miden y promedian la frecuencia de pulso, la longitud del fondo y la ocurrencia de la tensión anormalmente baja en cada soldadura representativa. Por ejemplo, una célula de soldadura puede hacer una parte que requiere cinco soldaduras (cinco uniones), y la tercera soldadura puede elegirse como la soldadura representativa. Después de que se instala una nueva punta de contacto, la frecuencia media de pulso y la ocurrencia de tensión anormalmente baja para la primera pieza que se hace, se calculan a partir de los datos de soldadura. En este caso, la frecuencia media de pulso para la primera pieza es de 210 Hz y la ocurrencia de tensión anormalmente baja es 0. Para la segunda pieza, los datos se calculan como 208 Hz y 2 recuentos de la tensión anormalmente baja, y los cálculos se repiten para cada pieza subsecuente. Para la pieza cuadingentésima (400), los valores calculados son de 185 Hz y 50 recuentos, respectivamente, que coinciden con los valores umbral del deterioro de las puntas de contacto que corresponden a la necesidad de un cambio de la punta de contacto.

15 La valoración de estos parámetros puede convertirse en un índice (por ejemplo, una escala de 1 a 0, con 1 indicando una nueva punta de contacto y valores menores de 1 indicando un grado del desgaste de la punta de contacto) que puede emitirse mediante el MLDC 20 como datos de la vida útil de la punta de contacto.

25 El valor de los datos de la vida útil de la punta de contacto puede supervisarse con el fin de determinar cuándo una punta de contacto está cerca de o ha sobrepasado su vida útil. Por tanto, un cambio de la punta de contacto puede programarse por adelantado, antes de la falla de la punta de contacto o de que la punta de contacto forme soldaduras inaceptables. Si el valor de los datos de la vida útil de la punta de contacto sobrepasa el valor umbral predeterminado, puede hacerse sonar o mostrarse una señal de advertencia, la soldadura con la punta de contacto caducada puede detenerse, y/o puede requerirse un cambio de la punta de contacto antes de que la soldadura se reanude. El sistema puede ordenarle al controlador de robot 18 que mueva el soldador 13 para aproximar el equipo de mantenimiento para un procedimiento de cambio automático de punta de contacto.

30 El MLDC 20 también puede mostrar un historial de los datos de la vida útil de la punta de contacto, que puede ayudar a un operario humano a decidir si un valor bajo discriminado repentinamente para los datos de la vida útil de la punta de contacto puede deberse a factores tales como la desalineación del aparato o a dimensiones fuera de las especificaciones de una pieza de trabajo, en lugar de a un deterioro excesivo de la punta de contacto.

35 Al calcularse y supervisarse el valor de los datos de la vida útil de la punta de contacto, el método de acuerdo con la presente invención evita la parada inesperada de una línea de fabricación debido a una falla repentina de una punta de contacto y/o soldaduras inaceptables en piezas de trabajo.

40 Aunque la presente invención se ha descrito con respecto a una aplicación de soldadura robótica, se debe entender que la presente invención también puede emplearse en aplicaciones manuales de soldadura, en las que las formas de onda de pulsos se aplican al soldador.

45 Aunque la invención se ha descrito como referencia a realizaciones específicas, se debe entender que se pueden hacer numerosos cambios dentro del ámbito de aplicación de los conceptos inventivos descritos. En consecuencia, se pretende que la invención no se limite a las realizaciones descritas, sino que tenga el ámbito de aplicación completo definido mediante el lenguaje de las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para supervisar la vida útil de una punta de contacto en un soldador (13) durante aplicaciones de soldadura GMAW pulsada, comprendiendo dicho método las etapas de:
- 5 aplicar una forma de onda de soldadura pulsada a través de la punta de contacto para realizar una soldadura, incluyendo la forma de onda pulsada una corriente y una tensión que cambian periódicamente entre picos (27) y fondo (25);
- medir una corriente y una tensión de soldadura a una frecuencia de adquisición de datos que permita distinguir los datos de la forma de onda pulsada;
- eliminar los datos de soldadura que correspondan a un comienzo de arco y una parada de arco;
- 10 caracterizado por
- evaluar el deterioro de la punta de contacto en función de uno o ambos de (i) una disminución de la frecuencia de los picos (27), e (ii) un aumento de la duración de un periodo de tiempo del fondo (25) entre dos picos (27), y enviar la evaluación como datos de la vida útil de la punta de contacto,
- 15 en el que los datos de soldadura se recogen y procesan en una serie de soldaduras representativas repetidas formadas sucesivamente en una serie de piezas.
2. Método según la reivindicación 1, en el que la duración de la aplicación de la forma de onda de soldadura pulsada para formar una soldadura representativa mencionada es mayor de 3 segundos.
3. Método según la reivindicación 1, en el que los datos de soldadura se promedian para cada soldadura representativa.
- 20 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los datos de la vida útil de la punta de contacto se suministran continuamente a uno de un operario y un controlador (18, 20).
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye las etapas de:
- 25 cuando los datos de la vida útil de la punta de contacto alcanzan un valor umbral, realizar uno o más de: hacer sonar una alarma, mostrar un mensaje de advertencia, programar un cambio de la punta de contacto y activar un cambio automático de la punta de contacto.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de evaluar el deterioro de la punta de contacto incluye además evaluar el deterioro de la punta de contacto en función de (iii) un aumento de la ocurrencia de una tensión anormalmente baja que está por debajo del 50 % de un valor establecido del fondo (25).

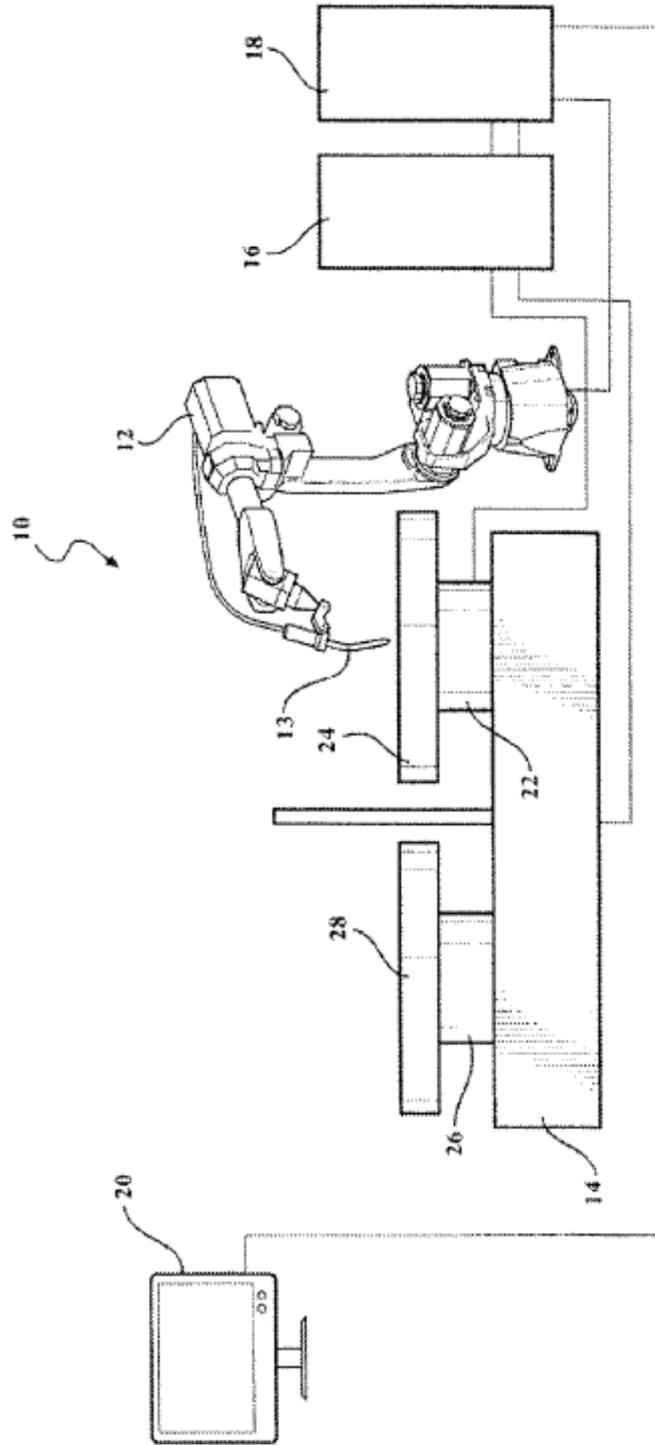
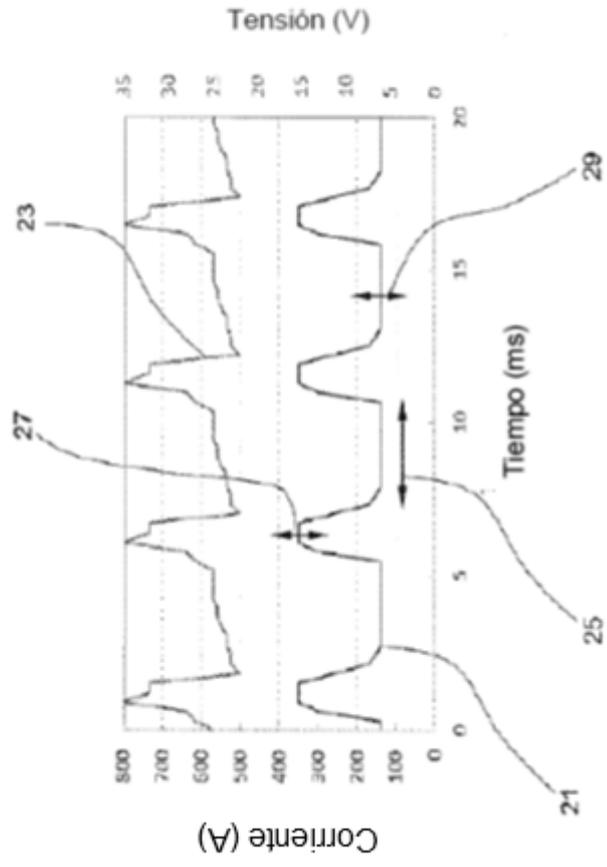


FIG. 1



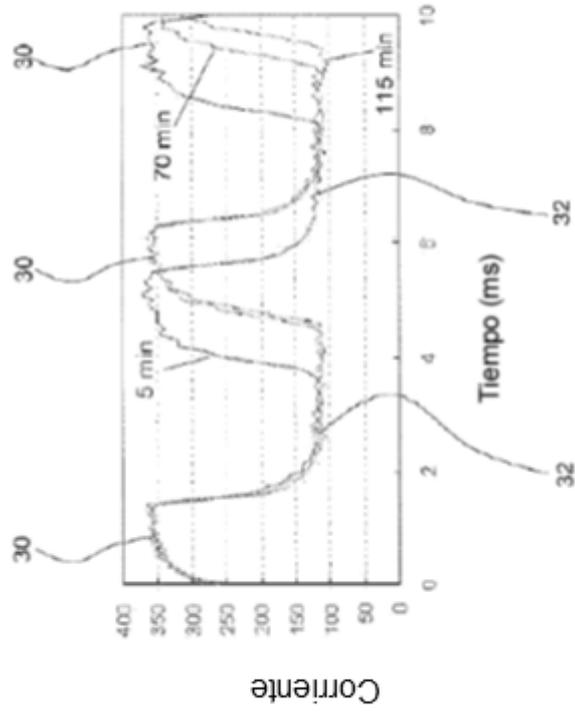


FIG. 3

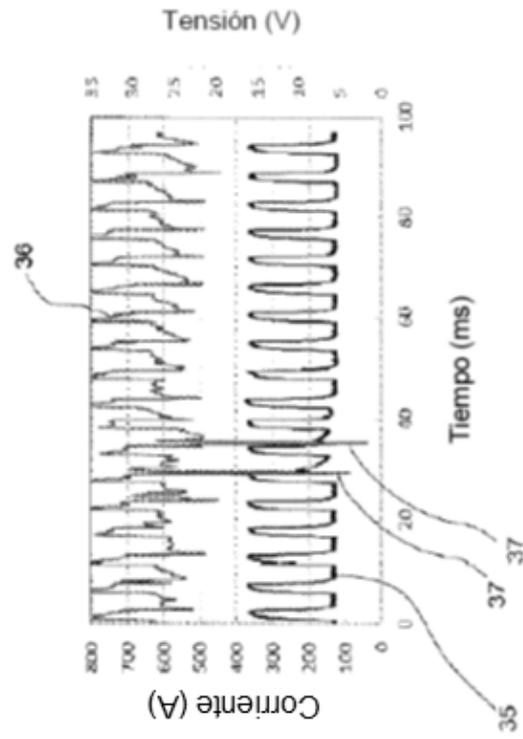


FIG. 4

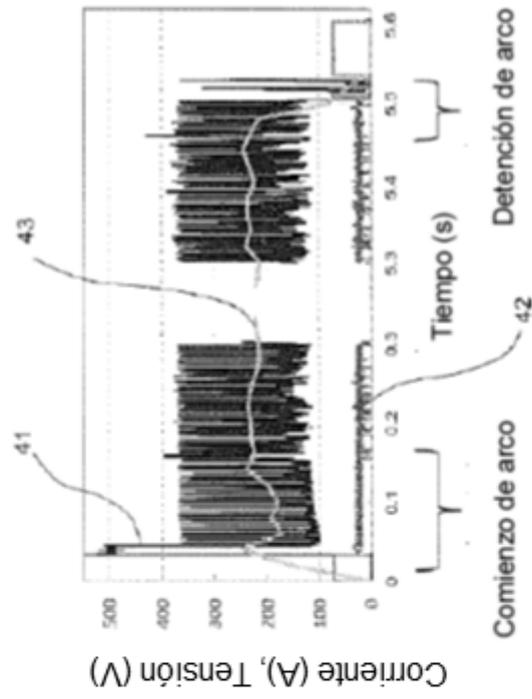


FIG. 5