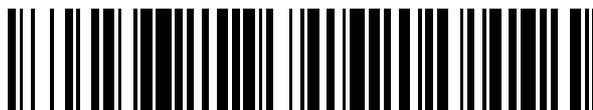


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 152**

51 Int. Cl.:
B23K 9/09 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05004410 .6**
96 Fecha de presentación: **01.03.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1607162**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.12.2005**

54 Título: **SOLDADURA POR PULSOS Y MÉTODO PARA USAR LA MISMA.**

30 Prioridad:
04.06.2004 US 861958

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.12.2011

73 Titular/es:
**LINCOLN GLOBAL, INC.
17721 RAILROAD STREET
CITY OF INDUSTRY, CA 91748, US**

72 Inventor/es:
**Fulmer, Bruce E.;
Hsu, Christopher;
Hearn, James E. y
Peters, Steven**

74 Agente: **Fernández-Vega Feijoo, María Covadonga**

ES 2 370 152 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

Soldadora por pulsos y método para usar la misma

5 La presente invención se refiere a una soldadora de arco eléctrico novedosa y más particularmente a una soldadora de arco eléctrico según el preámbulo de la reivindicación 1 para realizar un procedimiento de soldadura por pulsos novedoso, y a un método de soldadura por pulsos según el preámbulo de la reivindicación 25 y al uso de la soldadora de arco novedosa.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 En la soldadura de arco eléctrico, uno de los procedimientos de soldadura más populares es la soldadura por pulsos que usa principalmente un electrodo de alambre sólido con un gas de protección externo. La soldadura de MIG utiliza pulsos separados que primero funden el extremo de un alambre de avance y luego propulsan el metal fundido desde el extremo del alambre a través del arco hasta la pieza de trabajo. En condiciones ideales, se funde una masa globular de metal fundido y se transfiere durante cada pulso del procedimiento de soldadura por pulsos. Se produce una interrupción en el funcionamiento normal de un procedimiento de soldadura por pulsos cuando el metal fundido entra en contacto con la pieza de trabajo antes de liberarse del alambre de avance. En consecuencia, normalmente se usa la soldadura por pulsos de alta tensión de más de 25 voltios de modo que el hueco entre el extremo del electrodo y el alambre sea relativamente grande. Esto limita la incidencia de cortocircuitos y la alteración de pozo y salpicadura resultante. Resulta ventajoso tener un hueco pequeño o longitud de arco inferior a aproximadamente 0,20-0,30 pulgadas (0,51-0,76 cm). Sin embargo, la soldadura por pulsos habitualmente requiere una tensión sustancialmente superior para garantizar la transferencia apropiada del metal fundido y para reducir cortocircuitos. No obstante, el procedimiento de soldadura por pulsos implica invariablemente una condición de cortocircuito que debe eliminarse rápidamente para obtener la consistencia asociada con la soldadura por pulsos apropiada. Para eliminar los cortocircuitos, se conoce bien aumentar la corriente de arco inmediatamente tras la detección del cortocircuito. La corriente de arco alta produce una acción de estrangulamiento eléctrico para separar inmediatamente el metal fundido del electrodo de avance para establecer de nuevo el arco. Una discusión de este concepto bien conocido está contenida en el documento 6.617.549 de Ihde. Incluso con este procedimiento de supresión de cortocircuito bien conocido, todavía se requiere una tensión alta para el alambre sólido y la velocidad de desplazamiento del alambre debe ser bastante baja. Cuando se intenta usar alambre con núcleo para soldadura por pulsos, la tensión de arco debe mantenerse bastante alta, muy por encima de 25 voltios, para evitar condiciones de cortocircuito que no se desean en un procedimiento de soldadura por pulsos. En resumen, los cortocircuitos producen una calidad reducida de la soldadura y reducen la velocidad de desplazamiento de la operación de soldadura, así como requieren alta tensión con sus desventajas. Estos cortocircuitos son más problemáticos cuando se intenta usar la ventaja metalúrgica de electrodos con núcleo de metal.

35 Los cortocircuitos en un procedimiento de soldadura por pulsos afectan a la estabilidad del arco, especialmente a tensiones más bajas en las que la longitud de arco promedio es menor de aproximadamente 0,20-0,30 pulgadas (0,51-0,76 cm). También producen salpicadura durante el corte del cortocircuito. En consecuencia, la soldadura por pulsos requiere un procedimiento para suprimir cortocircuitos al azar, involuntarios. Esto se realizó aumentando simplemente la corriente de arco hasta que se suprimió el cortocircuito. Por tanto, el procedimiento de soldadura por pulsos requería altas tensiones, mayores de 25 voltios, para minimizar los cortocircuitos involuntarios. Esto daba como resultado la necesidad de funcionar a velocidades de desplazamiento inferiores. Además, se producía salpicadura y cordones de soldadura no uniformes cuando se empleaban altas tensiones y supresión de cortocircuito normal.

45 La soldadura de MIG por pulsos usa principalmente un electrodo de alambre sólido, alambre con núcleo de metal, o alambre con núcleo de fundente normalmente protegido con un gas de protección externo. La fuente de alimentación crea una salida pulsada especial que alterna entre una salida alta, en ocasiones denominada "pico" y una salida inferior, denominada "fondo". La salida pico es mayor que la corriente de transición por rociado del electrodo de soldadura durante una duración suficientemente larga como para formar y transferir una gota de metal desde el electrodo de avance hasta la pieza de trabajo. Entre pulsos, la salida de fondo inferior permite que el electrodo avance hacia la pieza de trabajo y que se vuelva a colocar para que el siguiente pico deposite la siguiente gota. En condiciones ideales, la salida pulsada se mantiene de manera que se transfiere una gota desde el electrodo hasta la pieza de trabajo para cada pico sin permitir que la gota forme un puente en el hueco produciendo un cortocircuito. Esta condición puede lograrse cuando se mantiene una longitud de arco suficientemente larga produciendo una tensión de arco promedio relativamente alta. Por ejemplo, la soldadura por pulsos con un electrodo de acero que se ejecuta con el 90% de argón, el 10% de CO₂ se realiza con una tensión promedio mayor de aproximadamente 26 voltios.

55 En la práctica, hay muchas ventajas cuando se hace funcionar un procedimiento de soldadura, tal como soldadura por pulsos a longitudes de arco más cortas. Estas ventajas incluyen entrada de calor inferior y mejor control del pozo a velocidades de desplazamiento superiores. A longitudes de arco reducidas, las gotas parcialmente transferidas son más aptas para formar un puente en el hueco entre electrodo y la pieza de trabajo produciendo cortocircuitos. A medida que se reduce la longitud de arco, los acontecimientos de cortocircuito se hacen más frecuentes y se

vuelven más difíciles de suprimir. Las fuentes de alimentación actuales de la soldadura por pulsos, tales como POWERWAVE de Lincoln Electric, contienen una técnica para suprimir cortocircuitos. Cuando se detecta un cortocircuito, se aumenta la salida de la máquina de una manera controlada hasta que el cortocircuito se “aprieta” y se suprime el corto. Una discusión de este concepto bien conocido está contenida en el documento US-A-4.889.969 de Kawai y en el documento US-B2-6.617.549 de Ihde. Usando esta técnica bien conocida, el procedimiento de soldadura permanecerá estable incluso mientras se producen cortocircuitos ocasionales. Este método permite que los usuarios reduzcan la longitud de arco manteniendo todavía un funcionamiento estable a niveles inferiores de entrada de calor. Esto mejora las características de seguimiento rápido a velocidades de desplazamiento superiores. Para el ejemplo citado anteriormente, el punto de funcionamiento estable se reduce hasta una tensión mayor de aproximadamente 23 voltios. A medida que se reduce la longitud de arco por debajo de este punto, se producen acontecimientos de cortocircuito con bastante frecuencia y pueden requerir un aumento significativo en la corriente de apriete con el fin de cortar cortos. Cuando se corta el corto a una corriente alta, normalmente se produce salpicadura y le seguirá una inestabilidad asociada cuando la corriente alta empuja hacia abajo sobre el pozo produciendo una oscilación. Este problema se produce en ocasiones por cortocircuitos repetitivos. Cuando se suprime un corto, inmediatamente se forma otro corto y resulta difícil de suprimir.

Los alambres con núcleo son alambres que comprenden una funda de metal que contiene un núcleo de polvo de metal y/o compuestos que producen escoria (FCAW-G) y/o compuestos que producen gases de protección (FCAW-S). Estos alambres resultan muy ventajosos para producir la metalurgia deseada del metal de soldadura y para proteger de la contaminación. Muchos de estos alambres con núcleo pueden usarse en un procedimiento de soldadura por pulsos de manera similar a los alambres sólidos. Sin embargo, en el uso de los alambres sólidos, estos alambres con núcleo muestran un aumento en la frecuencia y gravedad de los cortocircuitos a medida que se reduce la longitud de arco. De hecho, la longitud de arco mínima requerida para los alambres con núcleo es superior a la longitud de arco o tensión mínima para un alambre sólido, puesto que los alambres con núcleo pulsados tienden a fundir la funda dejando el núcleo expuesto, lo que permite que se sumerja en el pozo. Por tanto, no puede emplearse completamente la ventaja asociada con los electrodos con núcleo. Existe una necesidad de una soldadora por pulsos que pueda usar electrodos con núcleo con una tensión reducida sin el problema de los cortocircuitos repetidos o en la que tales cortos se supriman de manera eficaz para eliminar su impacto adverso.

LA PRESENTE INVENCIÓN

La presente invención tal como se define en las reivindicaciones se refiere a una soldadura de arco eléctrico y a un método para usar la misma que realiza un procedimiento de soldadura por pulsos en el que puede usarse una longitud de arco corta (inferior a 0,10 pulgadas (0,25 cm)) o una tensión baja de 17-22 voltios para controlar el pozo y evitar que el arco salte por delante del pozo. Además, la velocidad de desplazamiento se aumenta con el uso de una longitud de arco inferior y, por tanto, una tensión inferior sin fomentar los cortocircuitos tal como se describió anteriormente. El uso de la presente invención garantiza que se produzca cortocircuito a corriente de fondo baja. Esto evita la salpicadura asociada con una corriente alta cuando entra un corto y con una corriente alta cuando sale un corto. La presente invención garantiza la separación fiable de la punta del alambre y la superficie del pozo, incluso con longitudes de arco pequeñas. Esto mejora el ritmo y la estabilidad en el pulso de corriente alta y en el ciclo de corriente de fondo baja. La invención se diseña para soldadura automática de alta velocidad del tipo realizado por un robot en la que puede obtenerse una longitud de arco corta, de tensión baja de modo que puede aumentarse la velocidad de desplazamiento.

La invención mejora la soldadura a tensión baja a altas velocidades puesto que estabiliza la longitud de arco acortada y por tanto reduce la salpicadura. Según la presente invención, se detecta un cortocircuito en el procedimiento de soldadura por pulsos y se suprime según la tecnología convencional; sin embargo, una vez suprimido el cortocircuito, se crea un pulso de amplificación de plasma. Este pulso de amplificación es un pulso de corriente alta con potencia en el intervalo de 5-20 kW y preferiblemente en el intervalo de 10-20 kW de potencia regulada. Cuando se usa la invención para soldadura de metal ferroso, la potencia del pulso de amplificación de plasma generalmente es superior a 5 kW; sin embargo, cuando se suelda aluminio, el pulso de amplificación de plasma puede reducirse a 1,0-2,0 kW. Por tanto, el intervalo práctico es de 1,0 kW a aproximadamente 20 kW. Este pulso de amplificación de plasma de corriente alta aumenta la corte de arco de salida a la separación del cortocircuito. Este pulso de amplificación aumenta la fuerza del arco para empujar el pozo lejos del electrodo, de modo que no se produce otro cortocircuito durante el mismo ciclo. El pulso de amplificación de plasma calienta el extremo del electrodo redondeando su extremo hasta aproximadamente el tamaño del diámetro del alambre y un aumento en la fuerza del arco crea una separación entre el alambre y el pozo por lo que el electrodo no sufre un corto inmediatamente de nuevo. Una vez que se ha suprimido el corto y la amplificación de plasma ha aumentado la fuerza del arco durante un corto periodo de tiempo, generalmente en el intervalo de 0,2-5,0 ms, el procedimiento de soldadura continúa. La corriente de fondo baja del procedimiento de soldadura por pulsos permite que la gota se empuje más cerca del pozo antes de que el siguiente pulso transfiera la gota formada al pozo. La invención implica proporcionar una corriente, tensión o pulso de potencia una vez que se ha suprimido la condición de cortocircuito usando un procedimiento de supresión de cortocircuito convencional usado en muchas soldadoras. Esto estabiliza el pozo de soldadura y permite inmediatamente la reanudación del procedimiento de soldadura por pulsos normal de modo que no se requiere una tensión alta y una velocidad baja para el procedimiento. Aunque la soldadora de arco eléctrico y el método se diseñan básicamente para aplicaciones automatizadas con velocidad de desplazamiento

alta y tensión baja, la invención también se usa para aplicaciones semiautomáticas en las que debe reducirse la penetración y es ventajosa para alambres con núcleo, en los que se requiere velocidad de desplazamiento alta. También se ha aplicado a soldadura por pulsos usando alambre con núcleo de fundente. El pulso de amplificación de plasma es similar al pulso de corriente pico de STT porque crea una gota en el extremo del electrodo y fuerza el pozo desde el electrodo. The Lincoln Electric Company ha sido la primera en aplicar el procedimiento de soldadura de STT y se da a conocer en varias patentes, tales como el documento US-A-4.866.247 de Parks, a la que se hace referencia en el presente documento como información de antecedentes. El procedimiento de STT tiene una forma de onda que crea de manera intencionada un cortocircuito. El uso de un pulso de amplificación de plasma inmediatamente tras la supresión de un cortocircuito no constituye una parte generada de la forma de onda que constituye el procedimiento de soldadura por pulsos real. Un cortocircuito es un acontecimiento al azar que no resulta perjudicial cuando se usa la presente invención para controlar el pozo cuando se suprime el cortocircuito de modo que el siguiente cortocircuito se producirá más adelante en el procedimiento. La amplificación de plasma se crea durante una interrupción en el procedimiento de soldadura por pulsos normal para estabilizar el pozo, reducir la salpicadura y aumentar la velocidad de soldadura, mientras se permite el funcionamiento a tensión baja tanto para los electrodos de metal sólidos como para los electrodos con núcleo. Mediante el uso de la invención, los cortocircuitos producidos por la tensión reducida drásticamente (es decir, la longitud de arco) no alteran el procedimiento. En la práctica, la soldadora es una que usa tecnología de forma de onda usada por primera vez por The Lincoln Electric Company de Cleveland, Ohio. Los pulsos y las porciones de corriente de fondo se forman mediante una fuente de alimentación de velocidad de conmutación alta como pulsos pequeños creados a una velocidad de más de 18 kHz con un perfil controlado por un generador de forma de onda.

Según un aspecto adicional de la invención, el pulso de amplificación de plasma se predice mediante un procedimiento de supresión de cortocircuito novedoso similar al procedimiento de STT. Cuando se detecta un cortocircuito, se reduce la corriente de arco y luego se permite que se aumente a lo largo de un perfil de pulso de apriete con una primera pendiente abrupta y luego una pendiente más gradual. Se acciona un circuito de premonición, normalmente un detector dv/dt , cuando el cortocircuito está listo para “estrangularse” o cortarse. Entonces, se disminuye la corriente de arco hasta un nivel bajo para reducir la salpicadura. Esto termina el cortocircuito y proporciona una transferencia de tensión de superficie suave de modo que el cortocircuito es realmente un procedimiento excelente para transferir metal a la pieza de trabajo. Cuando hay una condición de arco o plasma, el pulso de amplificación de plasma de la invención se emite por la soldadora. Éste es un procedimiento práctico para suprimir el cortocircuito en un procedimiento de soldadura por pulsos y es novedoso cuando está en combinación con los otros avances de la presente invención.

Según la presente invención, se proporciona una soldadora de arco eléctrico para realizar un procedimiento de soldadura por pulsos mediante una corriente accionada por tensión entre un electrodo de avance y una pieza de trabajo. La corriente puede controlarse por regulación de tensión o corriente. La soldadora comprende un circuito de detección de corto que crea una señal de corto con la aparición de un cortocircuito entre el electrodo de avance y la pieza de trabajo y un circuito de amplificación para crear un pulso de amplificación de plasma tras la detección de un cortocircuito. En la realización preferida de la invención, hay un circuito de supresión de cortocircuito convencional que aumenta la corriente de arco tras la señal de cortocircuito y antes del pulso de amplificación de plasma. Esto elimina el cortocircuito antes del pulso de amplificación de plasma. El pulso de amplificación de plasma tiene una potencia regulada en el intervalo general de 1,0 kW a 20 kW y más particularmente en el intervalo de 10-15 kW. El pulso de amplificación de plasma tiene una duración en el intervalo general de 0,2-5,0 ms. La invención es bastante útil cuando se suelda con un electrodo de alambre con núcleo, tal como electrodos de alambre con núcleo de metal y núcleo de fundente.

Según otro aspecto de la presente invención, el pulso de amplificación de plasma se produce durante una interrupción en el generador de forma de onda normal que crea las formas de onda que constituyen un procedimiento de soldadura por pulsos.

Según aún otro aspecto de la invención, el circuito de amplificación para crear el pulso de amplificación de plasma del procedimiento de soldadura por pulsos también incluye la creación de una corriente de fondo controlada tras el pulso de amplificación de plasma. Esta corriente de fondo normalmente es diferente de la corriente de fondo de la forma de onda del pulso y continúa hasta el siguiente pulso generado en el procedimiento de soldadura por pulsos. El extremo del segmento de fondo generado reinicia el cronómetro para iniciar el procedimiento de onda de pulso convencional. El segmento de fondo puede ajustarse en algunos casos mediante una realimentación de tensión de la tensión de arco de salida del procedimiento de soldadura. La tensión de arco creada durante un pulso de amplificación de plasma específico controla el segmento de fondo tras ese pulso de amplificación de plasma específico.

Según otro aspecto de la invención se proporciona un método de soldadura por pulsos mediante una serie de pulsos entre un electrodo de avance y una pieza de trabajo. El método comprende detectar un cortocircuito entre el electrodo y la pieza de trabajo y luego crear un pulso de amplificación de plasma tras el cortocircuito. El pulso de amplificación de plasma se produce una vez que el cortocircuito se ha suprimido según la tecnología convencional.

Según todavía otro aspecto de la presente invención, un pulso de amplificación de plasma que tiene una forma o perfil definido (con un pulso de corriente alta y un segmento de fondo) se incorpora como parte del procedimiento de soldadura real de modo que se crea un pulso de amplificación de plasma de una forma deseada entre los pulsos convencionales del procedimiento de soldadura por pulsos. De esta manera, un pulso de amplificación de plasma calienta previamente el extremo del electrodo y crea una gota para el siguiente pulso que transfiere la gota al pozo. Esto puede usarse en un procedimiento de soldadura por pulsos de GMAW que usa metales no ferrosos, tales como aleación de níquel o aleaciones de titanio. Pueden usarse alambres con núcleo incluyendo alambre con núcleo de metal, tales como alambres de FCAW-G y FCAW-S, con este procedimiento de soldadura. El uso de un pulso de amplificación de plasma entre cada uno de los pulsos de corriente alta en el procedimiento de soldadura produce una fuerza de arco alta que empuja el pozo durante la fusión del extremo del electrodo que avanza hacia la pieza de trabajo. Esto produce un tiempo de vacilación para permitir la fusión del electrodo sin transferir el metal fundido a la pieza de trabajo hasta que se crea el siguiente pulso en el procedimiento. Este aspecto de la invención puede modificarse de modo que la tensión detectada del pulso se use para ajustar de manera adaptativa la parte de fondo de la forma de onda insertada.

La presente invención se refiere a una soldadura de arco eléctrico y a un método para usar la misma, que realiza un procedimiento de soldadura por pulsos en el que es deseable una longitud de arco corta (inferior a aproximadamente de 23 a 25 voltios) para reducir la entrada de calor y mejorar las características de seguimiento rápido a velocidades de desplazamiento aumentadas. El uso de la presente invención conjuntamente con la tecnología de MIG por pulsos convencional fomenta la estabilidad del arco cuando se funciona a longitudes de arco cortas y tensiones bajas. También garantiza la separación fiable, constante del electrodo de soldadura y la superficie del pozo una vez que se ha suprimido un cortocircuito. Este procedimiento mejora el ritmo y la estabilidad en toda una amplia variedad de procedimientos de funcionamiento. La invención se desarrolló para soldadura automática de alta velocidad del tipo que realiza un robot en la que es deseable tensión baja y, por tanto, una longitud de arco corta para mejorar el rendimiento de soldadura a velocidades de desplazamiento aumentadas. Sin embargo, la invención se usa para aplicaciones semiautomáticas en las que es deseable una entrada de calor reducida. Las formas de onda de pulso que usa esta invención pueden ajustarse para longitudes de arco más grandes y funcionarán de manera similar a las tecnologías de pulso convencionales. Sin embargo, la ventaja real se obtiene usando tensión baja cuando los cortocircuitos son más numerosos.

Esta invención mejora la soldadura a velocidades de desplazamiento altas mejorando la estabilidad a tensiones bajas. Según la presente invención, se detecta un cortocircuito y se suprime según la tecnología convencional; sin embargo, una vez suprimido el cortocircuito, se crea un pulso de amplificación de plasma. Un pulso de amplificación de plasma puede describirse como pulsar la salida a una amplitud definida de una duración definida. Un pulso de amplificación de plasma puede definirse como un nivel de pendiente de voltios/amperios, potencia o tensión de corriente de salida, usando la implementación preferida un nivel de potencia. Esta amplificación de plasma se define como un nivel de potencia de desde 1,0 kW hasta 20 kW que continúa durante de 0,2 a 5 ms. En la práctica, el pulso de amplificación de plasma se fija a de 10 a 15 kW con una duración de 0,2 a 0,5 ms. El concepto de un pulso de amplificación de plasma es una energía basada en un nivel de potencia mantenido durante un tiempo. La manera de obtener este pulso puede variarse. Este plasma de corriente alta sirve para aumentar la fuerza del arco justo tras la separación de un cortocircuito. El aumento de la fuerza del arco creado por el pulso de amplificación empuja el pozo lejos del electrodo, de modo que no se produce otro cortocircuito durante el mismo ciclo. El pulso de amplificación de plasma calienta el extremo del electrodo para crear una gota de metal fundido que se convertirá en la siguiente gota que va a transferirse mediante el pulso posterior del procedimiento de soldadura por pulsos. Una vez que se ha suprimido el corto y la amplificación de plasma ha aumentado la fuerza del arco y calentado el extremo del electrodo, se continúa el procedimiento de soldadura por pulsos normal. La corriente de fondo baja restante del procedimiento de soldadura por pulsos permite empujar la gota más cerca del pozo antes de que el siguiente pulso transfiera la gota formada al pozo. Esta invención implica proporcionar un pulso de amplificación de plasma de corriente, tensión o potencia tras haberse suprimido la condición de cortocircuito usando un procedimiento de supresión de cortocircuito convencional. Esto estabiliza el pozo de soldadura y permite reanudar inmediatamente el procedimiento de soldadura por pulsos normal de modo que es posible un funcionamiento estable incluso a tensiones bajas.

La invención también se usa para aplicaciones semiautomáticas en las que debe reducirse la penetración y es sustancialmente ventajosa para alambres con núcleo de metal en los que se requiere una velocidad de desplazamiento alta. También se ha aplicado a la soldadura por pulsos usando alambres con núcleo de fundente. Cuando se usa alambre con núcleo de metal, se ha determinado que una cantidad eficaz de azufre en el núcleo mejora el funcionamiento de la invención especialmente cuando se usa alambre con núcleo de metal. En la práctica, el azufre está en el intervalo del 0,010-0,030 por ciento en peso del alambre, y preferiblemente del 0,012 al 0,023 por ciento en peso del alambre.

Una ventaja de la invención es que pueden fijarse los parámetros del procedimiento de soldadura por pulsos de manera que se fomenten realmente los acontecimientos de cortocircuito. En un procedimiento de este tipo, la transición al pico es rápida para iniciar rápidamente la formación de una gota. El tiempo pico de pulso se reduce de modo que la gota no se desprende completamente del electrodo durante la corriente pico. La transferencia de corriente de arco a fondo es rápida para reducir rápidamente la fuerza del arco en el pozo para permitir que se eleve y avance hacia la gota. Se fuerza la corriente de salida por debajo del nivel de fondo real para fomentar

adicionalmente que la gota forme un puente entre el electrodo y la pieza de trabajo. La frecuencia se mantiene alta para mantener un tamaño de gota pequeño. Cuando una gota forma un puente desde el electrodo hasta el pozo, la respuesta de cortocircuito suprime el corto, y la amplificación de plasma crea la siguiente gota en el extremo del alambre y fuerza el pozo lejos del electrodo.

5 Mediante un pulso de amplificación de plasma entre cada pulso del procedimiento de soldadura por pulsos se establece un ritmo que hace que el pozo de soldadura se mueva para facilitar pulsos suaves con pulsos de amplificación de plasma intermedios. Esto permite una salpicadura menor a la obtenida en un procedimiento de soldadura por pulsos convencional en el que tensiones aumentadas producen una salpicadura menor. La relación entre la tensión y la salpicadura mediante el uso de la presente invención se desplaza hacia abajo con respecto a la relación convencional o la curva de tensión/salpicadura de funcionamiento. A cualquier tensión, la salpicadura es menor usando la invención.

10 Debido a la estabilidad de la amplificación de plasma, el procedimiento puede ejecutarse a niveles en los que cada gota se transfiere mediante un cortocircuito, reduciendo así significativamente la entrada de calor del procedimiento de soldadura. La capacidad para transferir metal a través de un cortocircuito indica que el electrodo, es decir alambre sólido, alambre con núcleo de metal, o alambre con núcleo de fundente, es estable en un modo de transferencia por cortocircuito. Tal como es el caso con muchos alambres sólidos de acero, inoxidable, aluminio, la presente invención puede mejorar el rendimiento de soldadura a longitudes de arco más cortas. Los alambres con núcleo de metal con un rendimiento de arco corto estable tales como el alambre MS-6 y MC-706 de Lincoln Electric pueden beneficiarse de la presente invención. Utilizando la presente invención, estos alambres tienen la capacidad mejorada para gestionar condiciones de mal ajuste y velocidades de desplazamiento más rápidas. Estos alambres incluyen una cantidad eficaz de azufre para hacer que el alambre funcione uniformemente durante la transferencia de metal por cortocircuito.

15 La invención es un procedimiento de soldadura por pulsos refinado diseñado específicamente para permitir velocidades más rápidas que las formas de onda de pulso convencionales. Mejora la soldadura a tensión baja a velocidades altas, ya que estabiliza el procedimiento con una longitud de arco acortada. Con formas de onda convencionales, la longitud de arco se mantiene más larga para evitar la salpicadura, limitando así la velocidad de desplazamiento. En la invención, la longitud de arco se mantiene corta y ajustada y se evita la salpicadura con control del ciclo de cortocircuito. Por tanto, se estabiliza el arco más corto con ciclos de cortocircuito rítmicos. El tratamiento del cortocircuito reduce la desconexión y salpicadura.

20 El objetivo principal de la presente invención es proporcionar una soldadora de arco eléctrico, soldadora que usa un pulso de amplificación de plasma tras haberse suprimido un cortocircuito y antes del siguiente pulso adyacente para fundir y transferir metal fundido al pozo de soldadura.

25 Otro objeto de la presente invención es proporcionar una soldadora de arco eléctrico, tal como se definió anteriormente, soldadora que puede hacerse funcionar a alta velocidad, con una longitud de arco corta y/o con alambres con núcleo de metal o núcleo de fundente. Cuando se usan electrodos con núcleo de metal, el núcleo tiene una cantidad eficaz de azufre para mejorar la forma del cordón de soldadura a velocidades de desplazamiento altas.

30 Todavía un objeto adicional de la presente invención es proporcionar una soldadora de arco eléctrico, tal como se definió anteriormente, soldadora que es principalmente útil para soldadura automática en mecanismos de soldadura por robot y otros mecanizados mediante una velocidad de desplazamiento alta, tensión baja y salpicadura baja.

35 Aún otro objeto de la presente invención es proporcionar un método de soldadura por pulsos en el que se suprime un corto involuntario y después va seguido por un pulso de amplificación de plasma que tiene una alta potencia, tal como aproximadamente de 1-5 kW a 20 kW durante un tiempo corto tal como aproximadamente de 0,1-5,0 ms, preferiblemente inferior a 1,0 ms.

40 Aún un objeto adicional de la invención es proporcionar una soldadora de arco eléctrico y un método que puede funcionar a tensión baja y convierte los cortocircuitos de un procedimiento de este tipo en una técnica de transferencia de metal ventajosa.

45 Todavía un objeto adicional de la invención es proporcionar una soldadora de arco eléctrico para la soldadura por pulsos y un método para hacer funcionar dicha soldadora, soldadora y método que proporcionan una velocidad de desplazamiento más rápida, tiempo de ciclo más corto, rendimiento por tiempo superior y productividad aumentada para la soldadura por pulsos automática, especialmente con un robot.

50 Aún un objeto adicional de la invención es proporcionar una soldadora y un método, tal como se definió anteriormente, soldadora y método que realizan una soldadura rápida en acero, tal como placas en el intervalo de 1,5 a 4,0 mm de espesor, sin el riesgo de saltos de soldadura, muescas o altos niveles de salpicadura. La soldadora y el método proporcionan una excelente estabilidad de arco a una tensión de arco inferior (longitud de arco más corta) con salpicadura reducida y perfil de cordón desgastado para así aumentar la velocidad de desplazamiento.

55

Estos y otros objetos y ventajas resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción tomada junto con los dibujos adjuntos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- 5 La figura 1 es un diagrama de bloques y diagrama de cables combinados que ilustra una soldadora de arco eléctrico para realizar un procedimiento de soldadura por pulsos según la técnica anterior;
- la figura 2 es una gráfica que ilustra una curva de tensión y curva de corriente de un procedimiento de soldadura por pulsos de la técnica anterior;
- la figura 3 es una gráfica que ilustra las señales de diversas ubicaciones en la soldadora de arco eléctrico ilustrada en la figura 1;
- 10 la figura 4 es una vista ampliada parcialmente en sección transversal de un electrodo con un núcleo y un gas de protección externo usado en la presente invención;
- la figura 5 es una vista, similar a la figura 4, que ilustra un electrodo con núcleo de fundente con un núcleo de autoprotección y que puede usarse en la presente invención;
- 15 la figura 6 es una vista, similar a las figuras 4 y 5, que muestra un electrodo de alambre sólido con un gas de protección externo tal como se usa normalmente en la soldadora de arco eléctrico de la técnica anterior de la figura 1;
- la figura 7 es una gráfica con una curva de tensión y una curva de corriente que ilustra el procedimiento de soldadura por pulsos según la realización preferida de la presente invención y que contiene representaciones gráficas de electrodo y pieza de trabajo en diversas fases en el procedimiento de soldadura;
- 20 la figura 8 es un diagrama de bloques y diagrama de cables combinados que muestra una soldadora de arco eléctrico para realizar el procedimiento de soldadura por pulsos ilustrado en la figura 7;
- la figura 9 es una gráfica que muestra las señales en diversas ubicaciones en la soldadora de arco eléctrico mostrada en la figura 8;
- 25 la figura 10 es una gráfica que contiene una curva de tensión y curva de corriente de un procedimiento de soldadura por pulsos que incluye una adición a la realización preferida de la presente invención con representaciones gráficas de diversas fases realizadas mediante esta adición;
- la figura 11 es un diagrama de bloques y diagrama de cables combinados de una soldadora de arco eléctrico para realizar el procedimiento de soldadura por pulsos ilustrado en la figura 10;
- 30 la figura 12 es una gráfica que muestra señales en diversas ubicaciones en la soldadora de arco eléctrico ilustrada en la figura 11;
- la figura 13 es una gráfica con una curva de tensión y curva de corriente de una modificación en el procedimiento de soldadura por pulsos ilustrado en las figuras 10-12, en el que el fondo se ajusta de manera adaptativa;
- la figura 14 es un diagrama de bloques y diagrama de cables combinados de una soldadora de arco eléctrico para realizar el procedimiento adaptativo ilustrado en la figura 13;
- 35 la figura 15 es una gráfica similar a la figura 13 que ilustra la característica adaptativa del procedimiento de soldadura;
- la figura 16 es una gráfica que incluye una curva de tensión y una curva de corriente de un procedimiento de soldadura por pulsos que incorpora un segmento de fondo y amplificación de plasma entre cada pulso del procedimiento de soldadura por pulsos;
- 40 la figura 17 es un diagrama de bloques y diagrama de cables combinados que muestra una soldadora de arco eléctrico para realizar el procedimiento de soldadura por pulsos ilustrado en la figura 16;
- la figura 18 es una gráfica que ilustra señales en diversas ubicaciones en la soldadora de arco eléctrico de la figura 17;
- 45 la figura 19 es un diagrama de bloques y diagrama de cables combinados de una soldadora de arco eléctrico para realizar el procedimiento de soldadura por pulsos explicado en las figuras 20 y 21;
- la figura 20 es una gráfica que muestra señales en diversas ubicaciones en la soldadora ilustrada en la figura 19;

la figura 21 es una ilustración de la forma de onda que usa la soldadora mostrada en la figura 19 y las señales de la figura 20;

la figura 22 es una ilustración de una forma de onda obtenida usando la invención con control del procedimiento de soldadura por pulsos para garantizar un cortocircuito; y

5 la figura 23 es una curva de corriente que muestra una forma de onda práctica cuando se usa la soldadora tal como se muestra en las figuras 16-18.

REALIZACIÓN PREFERIDA

10 Haciendo ahora referencia a los dibujos, que se muestran únicamente para fines de ilustrar una realización preferida de la invención y no para fines de limitar la misma, las figuras 1-3 ilustran una soldadora A de arco eléctrico de la técnica anterior para realizar un procedimiento de soldadura por pulsos, tal como se muestra en la figura 2. Se ilustra la técnica anterior ya que los componentes usados en la puesta en práctica de la invención son esencialmente los mismos que los componentes convencionales en una soldadora de arco eléctrico. Aunque puede usarse otra arquitectura de soldadora, la arquitectura preferida es una soldadora controlada mediante tecnología de forma de onda usada por primera vez por The Lincoln Electric Company de Cleveland, Ohio. Dos de muchas patentes referentes a la tecnología de forma de onda se describen en el documento US-A-5.278.390 de Blankenship y el documento US-B1-6.498.321 de Fulmer, a los que se hace referencia en el presente documento como información de antecedentes. En este tipo de soldadora, un generador de forma de onda produce el perfil para las formas de onda usadas en un procedimiento de soldadura por pulsos. La fuente de alimentación crea los pulsos según la forma determinada a partir del generador de forma de onda usando una pluralidad de pulsos de corriente y a alta frecuencia tal como superior a 18 kHz. Este tipo de tecnología produce formas de pulso precisas para cualquier procedimiento de soldadura deseado. Aunque se describirá la invención con respecto al uso de una soldadora que emplea tecnología de forma de onda, la invención es más amplia y puede usarse en otras soldadoras, tales como soldadoras controladas por SCR y soldadoras de tipo cortadora.

25 La soldadora A de arco eléctrico mostrada en la figura 1 se usa para realizar un procedimiento de soldadura por pulsos convencional tal como se ilustra por las curvas en la figura 2 con una pluralidad de señales de funcionamiento indicadas en diversas ubicaciones en la figura 1 y por números correspondientes en la figura 3. Antes de tratar la realización preferida de la invención, se considerarán los antecedentes de la invención en lo que se refiere a la técnica anterior mostrada en las figuras 1-3. La soldadora A de arco eléctrico tiene una fuente 10 de alimentación en forma de un inversor de conmutación de alta velocidad con hilos 12, 14 de salida para crear el procedimiento de soldadura por pulsos entre un electrodo E y pieza W de trabajo. Se impulsa una fuente 10 de alimentación mediante un suministro 16 de alimentación apropiado, ilustrado como una entrada trifásica. El perfil de los pulsos y la corriente de fondo de separación que constituye el procedimiento de soldadura por pulsos se determina mediante una señal en la entrada 18 de forma de onda, según la tecnología convencional. Un derivador 22 de corriente comunica la corriente de arco del procedimiento de soldadura mediante líneas 24 a un sensor 26 de corriente que tiene una salida 28 analógica usada para un bucle de control de realimentación. De una manera similar, hilos 30, 32 comunican la tensión de arco a un sensor 34 de tensión que tiene una salida 36 de detección y una salida 38 de nivel o amplitud. La salida de detección indica cuando el nivel de tensión disminuye durante un cortocircuito entre el electrodo E y la pieza W de trabajo. La salida 38 de nivel tiene una señal representativa de la tensión de arco a través del electrodo y la pieza de trabajo. La salida 36 de detección de tensión se dirige a un circuito 40 de respuesta de cortocircuito que tiene una salida 42 que emite una señal 3, tal como se muestra en la figura 3. Cuando hay un cortocircuito, hay una señal de detección en la línea 42 según la tecnología convencional. El generador 50 de forma de onda se carga con la forma de onda particular para realizar el procedimiento de soldadura. Esta forma de onda se indica como señal 2, mostrada en la figura 3. Un cronómetro 52 dirige una señal de cronometraje por las líneas 54 a un generador de forma de onda con el fin de iniciar los pulsos individuales que constituyen el procedimiento de soldadura. El generador 50 también tiene señales de realimentación procedentes de líneas 28, 38 para controlar la tensión y la corriente según el perfil fijado del generador de forma de onda y el perfil existente entre el electrodo y la pieza de trabajo. La forma de onda que debe emitirse por la fuente 10 de alimentación es una señal 2 en la línea 56. Esta señal se conecta a la entrada de unión aditiva o sumador 60 que tiene una salida 62 para la señal 4. Esta señal, en la soldadora A de la técnica anterior, es la señal real dirigida a la entrada 18 de la fuente 10 de alimentación. El procedimiento de soldadura realizado por la soldadora A se ilustra en la figura 2 en la que una curva 100 de corriente tiene una serie de pulsos 102 de corriente separados por una parte 104 de corriente de fondo. La curva 120 de tensión es la tensión entre las líneas 30, 32 y constituye la tensión de arco correlacionada con la corriente de arco de la curva 100. La tensión pico es un resultado de aplicar la corriente 102 pico. Una tensión promedio baja de la curva 120 se debe a una tensión de arco instantánea alta promediada con cortocircuito o inferior a aproximadamente 6,0 voltios. Cuando hay un cortocircuito, la tensión 120 de arco disminuye tal como se indica por el punto 122. Esta disminución de tensión indica un cortocircuito de metal fundido entre el electrodo y la pieza de trabajo. Cuando ocurre esto, un procedimiento de supresión anula la forma de la forma de onda en la línea 56. Tras la detección de un cortocircuito en el punto 122, se aplica una corriente alta entre el electrodo y la pieza de trabajo a lo largo de una rampa 106 mostrada en la figura 2. En la práctica, esta rampa es inclinada y después se vuelve gradual tal como se indica por la porción 108. Cuando se suprime el cortocircuito por la corriente aumentada, según la tecnología convencional, la tensión de la curva 120 cambia inmediatamente de vuelta a una condición de plasma

o arco. Esto provoca una cola o recuperación de la corriente a lo largo de la línea 110. En consecuencia, cuando hay un cortocircuito, se aumenta la corriente de arco a lo largo de la rampa 106 y la rampa 108 hasta que se suprime el corto, tal como se indica por una tensión aumentada. Esta eliminación del cortocircuito, detiene la salida de circuito 40 de respuesta de cortocircuito. El funcionamiento de la soldadora A se da a conocer por las señales 2, 3, 4, 7 y 9 tal como se muestra en la figura 3. La señal 7 es la tensión detectada en la línea 36. En circunstancias normales, la tensión 120 incluye una pluralidad de pulsos 130 separados que tienen formas determinadas por un generador 50 de forma de onda y una separación determinada por un cronómetro 52. Cuando hay un corto en un punto 122, la tensión disminuye a lo largo de la línea 132. Esto provoca un pulso 140 que genera una salida en la línea 42, salida que está en forma de una señal 142 que coincide generalmente con la rampa 106 para la curva 100 de corriente que se añade a la señal 2. La salida del generador 50 de forma de onda es la señal 2 que constituye la señal 150 de forma de onda mostrada en la figura 3. La salida de la unión 60 aditiva en la línea 62 es la suma de las señales 2 y 3 que se muestra como señal 4 en la línea 62. La rampa 142 se añade a la forma 150 de onda de modo que la salida entre el electrodo E y la pieza W de trabajo es la señal en la línea 18 que controla la fuente 10 de alimentación de tipo inversor. Esto es una representación de una soldadora de la técnica anterior convencional, que se modifica por la presente invención para proporcionar un movimiento rápido del electrodo con una longitud de arco reducida y salpicadura reducida.

Mediante el uso de la presente invención, el procedimiento de soldadura por pulsos puede desplazarse desde un procedimiento a tensión alta con una tensión de arco en un intervalo superior a 26-27 voltios, a un procedimiento a tensión baja en el que la tensión de arco es inferior a 25 voltios y específicamente en el intervalo general de 17-22 voltios. Haciendo posible esta tensión baja mediante el uso de la presente invención, el arco es estable con una longitud de arco muy corta inferior a aproximadamente 0,20-0,30 pulgadas (0,51-0,76 cm). A aproximadamente 22 voltios y 200 amperios, la longitud de arco es un alambre de acero de aproximadamente 0,15 pulgadas (0,38 cm) con el 90% de argón y el 10% CO₂. Esto permite una velocidad de desplazamiento más rápida al tiempo que todavía se mantiene un buen perfil de cordón. Pueden usarse otros alambres, tales como de aluminio o acero inoxidable. En las figuras 4-5 se ilustran tres electrodos diferentes usados en la invención. En la figura 4, se avanza un electrodo 200 con núcleo en la dirección de la flecha e incluye una funda 202 de acero exterior y un núcleo 204 interior formado por agentes de aleación y otros compuestos necesarios para proporcionar el metal de soldadura deseado en el cordón de soldadura. Como se crea una CA de plasma o arco entre el electrodo y la pieza W de trabajo, se dirige gas 206 de protección alrededor del arco para proteger al arco frente a contaminantes atmosféricos. La longitud de arco x es una longitud inferior a 0,30 pulgadas (0,76 cm) y se crea mediante tensión en el intervalo general de 17-22 voltios. Este tipo de electrodo es muy adecuado para su uso en la presente invención. Otro electrodo con núcleo se muestra en la figura 5, en la que el electrodo 210 tiene una funda 212 exterior y un núcleo 214 interior. Este electrodo es un electrodo de autoprotección en el que la composición del núcleo 214 proporciona agentes fundentes y otras composiciones para proteger el metal fundido cuando se transfiere a través del arco y sobre la pieza W de trabajo. De nuevo, este electrodo con núcleo es útil en la práctica de la invención cuando electrodos con núcleo en el pasado no se han empleado satisfactoriamente para la soldadura por pulsos. La figura 6 muestra un electrodo 220 de alambres sólidos con gas 222 de protección. Es el alambre normal usado hasta ahora en la soldadura por pulsos. Este tipo de electrodo es el electrodo normalmente usado en la soldadura de MIG y particularmente en la soldadura por pulsos. Mediante el uso de la presente invención, ahora pueden usarse electrodos 200, 210 y 220 en la soldadura por pulsos. Por tanto, la invención aprovecha atributos metalúrgicos y físicos de electrodos con núcleo en la soldadura por pulsos. Las ventajas de un electrodo con núcleo para la soldadura de STT se comentan en el documento US-A-6.071.810 de Stava al que se hace referencia en el presente documento como información de antecedentes. Pueden usarse electrodos con núcleo porque la invención proporciona tensión baja de modo que se amplía el intervalo de tensión para el procedimiento de soldadura mediante electrodos con núcleo. Cuando se usa alambre sólido tal como se ilustra en la figura 6, la tensión baja de la invención permite al alambre desplazarse más rápido. Mediante el uso de la presente invención, todos los electrodos mostrados en las figuras 4-6 pueden usarse según las demandas del procedimiento de soldadura. En el pasado, las altas tensiones de arco impedían usos eficaces de todos los tipos de electrodos. Dado que la presente invención permite una tensión de arco muy baja, la longitud de arco es pequeña y el metal fundido con frecuencia se transfiere a la pieza de trabajo mediante un cortocircuito. Este procedimiento emplea electrodos con núcleo, especialmente electrodos con núcleo de metal, muy aceptables para la soldadura por pulsos. De hecho, un electrodo con núcleo de metal con aproximadamente de 0,010 a 0,030 de azufre en el núcleo ha demostrado ser extremadamente eficaz al obtener la ventaja general del concepto de pulso de amplificación de plasma de la presente invención. Los electrodos de alambre, Metal Shield MC6 y MC 706 vendidos por The Lincoln Electric Company de Cleveland, Ohio, han demostrado ser ventajosos para su uso con un método que usa un pulso de amplificación de plasma en el que el gas de protección es el 75-95% de argón siendo el resto gas CO₂. Estos alambres se adaptan a la denominación E70C-6M. Otros electrodos con núcleo de metal y electrodos con núcleo de autoprotección han aprovechado la tensión baja, la longitud de arco pequeña que puede obtenerse en un procedimiento realizado según la presente invención.

La realización preferida de la invención se ilustra en las figuras 7-9 que produce el método de soldadura por pulsos mostrado mejor en la figura 7. La curva 300 de corriente incluye pulsos 302 separados por porciones 304 de fondo determinadas por la salida del generador 50 de forma de onda con los pulsos separados por la salida del cronómetro 52. Por supuesto, puede incluirse el cronometraje en el programa del generador de forma de onda. Se proporciona corriente 304 de fondo entre pulsos 302 para su uso en el mantenimiento del lecho de arco tras haberse formado el

metal M fundido y haberse depositado sobre la pieza de trabajo en el pozo de soldadura de metal fundido. La curva 310 de tensión incluye un punto 312 de detección de cortocircuito y un punto 314 de supresión de cortocircuito. La curva 300 muestra la rutina de supresión de corriente alta normal para generar porciones 306, 308 correspondientes a las porciones 106 y 108, respectivamente, de la técnica anterior mostrada en la figura 2. La invención implica proporcionar un pulso 320 de amplificación de plasma preferiblemente tras el punto 314 de supresión de cortocircuito de modo que el pulso de amplificación se produce durante una condición de arco o una condición de plasma. En la práctica, este pulso de plasma se crea durante una interrupción de la salida del generador 50 de forma de onda y sustituye a la salida del generador en la entrada 18 de la fuente 10 de alimentación. El pulso 320 de amplificación de plasma tiene la potencia regulada en el intervalo general de 5-20 KW y preferiblemente inferior a aproximadamente 10-15 KW. Para el aluminio, la potencia puede ser de tan sólo 1,0 KW. Este pulso tiene una porción 322 de pico que tiene una distancia de tiempo y que es generalmente inferior a 5,0 ms y preferiblemente en el intervalo de 0,2-5,0 ms. En la presente implementación, el tiempo es de 0,3 ms. El pulso 320 se termina al final de la porción 322 de pico para entrar en una sección de reducción de corriente en la que la corriente de arco disminuye hasta el nivel 304 de corriente de fondo. En la realización preferida, esta reducción de corriente es un borde 324 posterior largo y una porción 326 de cola generalmente gradual de modo que el pulso de amplificación de plasma se termina antes de 5,0 ms. El funcionamiento de la amplificación de plasma se representa en las representaciones gráficas I-VI en la parte superior de la figura 7. El electrodo E avanza hacia la pieza W de trabajo mientras que se forma metal M fundido tal como se muestra en la posición I. Entonces se aumenta la corriente entre el electrodo y la pieza de trabajo hasta el pico del pulso 302 haciendo que se funda adicionalmente el extremo del electrodo E y se produzca una bola M de metal fundido. El funcionamiento del pico 302 está en la posición II. La pieza W de trabajo implica un pozo P de metal fundido que se cava por la fuerza del arco entre el electrodo E y la pieza W de trabajo. Tras la posición II, en la soldadura por pulsos normal, el metal M fundido al final del electrodo E se transfiere a través del arco al pozo P durante la porción 304 de fondo del procedimiento. Entonces se repite el procedimiento tal como se muestra en la posición VI. No se forma un cortocircuito entre el electrodo E y el pozo P mediante metal M fundido como parte de la operación de soldadura por pulsos normal. Cuando se produce un cortocircuito tal como se muestra en la posición III, la tensión de arco disminuye en el punto 312. Entonces el cortocircuito inicia una rutina o secuencia de supresión de corriente alta representada por las porciones 306, 308 para eliminar por estrangulamiento y separar metal M fundido del electrodo E tal como se muestra en la posición IV. Entonces se implementa la presente invención. En la supresión del cortocircuito representado por un rápido aumento de la tensión en el punto 314 se emite un pulso de amplificación de plasma. El pulso de amplificación de plasma fuerza un pozo M lejos del electrodo E tal como se muestra en la posición V. Esta fuerza del arco alta cava un pozo P drásticamente para garantizar una separación entre el metal M fundido y el pozo P fundido. Esto garantiza que no hay ningún corto o cortocircuito incipiente hasta después del siguiente pulso 302. Tras el pulso 320 mostrado en la posición V, se implementa la porción 304 de corriente de fondo baja por el generador 50 de forma de onda. Esto permite que el pozo P de la pieza W de trabajo se vuelva quiescente de modo que se disminuye la acción de cavar de una manera ilustrada en la posición VI. Mediante el uso de la presente invención tal como se muestra en la posición V, se proporciona una separación o hueco G sustancialmente más grande entre el final del electrodo E y el pozo P de la pieza W de trabajo. Este hueco grande es el resultado del pulso de amplificación de plasma tras estrangular o cortar el cortocircuito. La presente invención permite tensiones inferiores, funcionamiento más rápido y cordones de soldadura uniformes con poca salpicadura. La creación del hueco forzado por arco controla la forma del metal fundido en el pozo directamente bajo el electrodo ya que el cortocircuito se ha suprimido. La posición V representa una ventaja principal obtenida usando un pulso de amplificación de plasma tras un cortocircuito en una operación de soldadura por pulsos. Es posible usar sólo el pulso de amplificación de plasma tanto para suprimir un cortocircuito, así como para forzar el pozo en una acción de cavar por la gran fuerza del arco mostrada en la posición V. Sin embargo, esto puede aumentar la salpicadura. Por tanto, se prefiere la supresión del cortocircuito. Dado que se suprime el cortocircuito y va seguido por un pulso de amplificación de plasma de alta potencia, el acontecimiento de cortocircuito ya no altera el procedimiento de soldadura por pulsos. Tal como se mostrará a continuación, la existencia de cortocircuitos periódicos puede ser beneficiosa y evidentemente se vuelven menos perjudiciales.

El procedimiento de soldadura por pulsos con un pulso de amplificación de plasma se realiza mediante la soldadora B de arco eléctrico mostrada en la figura 8. En la soldadora B se usan los mismos componentes funcionales que los usados en la soldadora A, mostrada en la figura 1, con el mismo número y las mismas señales. Para poner en práctica la invención, se dota a la soldadora B de un circuito 350 de perfil de amplificación de plasma que tiene una señal de interrupción de inicio en la línea 352 con el cortocircuito suprimido en el punto 314 en la figura 7. Se comunica una señal en la línea 352 cuando se alcanza el punto 314 al cronómetro 360 por la línea 362. Esto inicia el cronómetro para crear un tiempo de interrupción. Esta señal de interrupción en la línea 362 continúa hasta que el cronómetro avanza hasta su tiempo fijado. La señal en la línea 362 del cronómetro 360 fija la duración de la interrupción durante la cual se hace funcionar el circuito 350 de perfil de amplificación de plasma. La salida 354 procesa el perfil de pulso de amplificación durante la interrupción cuando la señal de interrupción en la línea 364 desplaza el conmutador 370 del contacto 372 normal y el contacto 374 de interruptor. Cuando el cronómetro 360 mantiene el conmutador 370 en la posición de interrupción en el contacto 374, el circuito 350 de amplificación de plasma emite una señal de perfil en la línea 354 mientras el cronómetro 360 está cronometrando para proporcionar una señal en la línea 364. Este perfil es el pulso 320 de amplificación de plasma mostrado en la figura 7. Por supuesto, el conmutador 370 es un conmutador de software digital para desplazarse de la salida 62 de unión 60 aditiva a la posición de interrupción mientras el circuito 350 procesa un perfil indicado como señal 5. Esta señal se

dirige a la entrada 18 de la fuente 10 de alimentación. Las diversas señales se muestran en la figura 9 con los números correspondientes a las señales en la figura 3. Las nuevas señales 5, 6, 10 y 11 se muestran en la porción inferior de la figura 9 y se coordinan en el tiempo con las otras señales previamente descritas. Cuando se ha suprimido el cortocircuito, el circuito 40 de respuesta de cortocircuito crea una señal 10 en la línea 352, señal que es un pulso 380. Este pulso comienza la señal 11 de cronometraje que es una señal 382 de rampa que tiene una posición 384 de tiempo agotado. Mientras el cronómetro 360 está cronometrando, se mantiene una señal 390 de interrupción mientras se procesa el perfil de amplificación de plasma en la línea 354 por la fuente 10 de alimentación. Durante la salida de interrupción y de señal indicada por el pulso 390, la tensión de control en la línea 18 de entrada está en la forma de un pulso 392 mostrado como señal 6. En la práctica, resulta beneficioso cuando el cortocircuito se forma (punto 312 de la figura 7) a una corriente baja lo que minimizará cualquier salpicadura creada. Dado que la sección transversal del cortocircuito es mínima, sólo se requiere un aumento mínimo en la corriente por la rampa de cortocircuito para suprimir el cortocircuito. El corto se suprime a una corriente relativamente baja dando como resultado una salpicadura mínima creada por la liberación del corto.

Mediante el uso de la presente invención tal como se muestra en las figuras 7-9, se proporciona una amplificación de plasma tras haberse realizado la rutina de supresión de cortocircuito normal por el circuito 40 de respuesta de cortocircuito según la práctica convencional. Según un aspecto amplio de la invención, el pulso de amplificación de plasma puede sustituir a la rutina de supresión de corto; sin embargo, esta no es una implementación preferida de la presente invención. El programa de pulso convencional del generador 60 de forma de onda puede modificarse para mejorar los acontecimientos de cortocircuito y mejorar la respuesta a los cortocircuitos de modo que los acontecimientos no provoquen alteraciones. Estas modificaciones incluyen una rápida transición de la corriente de fondo baja a la corriente pico alta en el borde anterior del pulso 302. Esto aumenta rápidamente la salida hasta un nivel por encima de la corriente de transición para comenzar a fundir una gota en el extremo del electrodo. Entonces, puede proporcionarse una rápida transición desde la corriente pico alta del pulso 302 hasta la corriente 304 de fondo baja. Esto reduce rápidamente la fuerza del arco entre la gota y el pozo. A medida que se retira esta fuerza del arco, el pozo y la gota pueden cortocircuitarse fácilmente. La transición de la corriente pico a la corriente 302 de fondo se cortocircuitará más frecuente y positivamente si la transición inicial supera ligeramente la corriente de fondo. Por tanto, el borde posterior del pulso 302 experimenta una transición a una corriente ligeramente inferior a la corriente 304 de fondo. Este aspecto de la invención se da a conocer con más detalle posteriormente al comentar la figura 22. Tal como se ilustra en la figura 7, la respuesta de cortocircuito es una respuesta de múltiples rampas que minimiza la respuesta inicial al cortocircuito para separar cortos incipientes y después aumenta la respuesta de corriente para la supresión de acontecimientos de cortocircuito más difíciles. Este método se ha usado durante muchos años en el instrumento Power Wave 455 fabricado por The Lincoln Electric Company al procesar programas de CV convencionales.

Puede realizarse una adición a la realización preferida de la presente invención tal como se ilustra en las figuras 10-12, en la que se modifica la rutina o el pulso de amplificación de plasma para fomentar un desprendimiento constante del metal fundido. La amplificación de plasma crea una gota fundida en el extremo del electrodo que se transferirá durante el siguiente ciclo de pulso. Una vez completado el pulso de amplificación de plasma, se reanudan formas de onda de pulso convencionales. Sin embargo, no se producirá un cortocircuito al mismo tiempo para cada uno de los pulsos en el procedimiento de soldadura por pulsos. Además, el tiempo requerido para suprimir un corto no es constante de un corto al siguiente. En consecuencia, el momento en el que se suprime el corto con relación al siguiente pulso determinado por el cronómetro 52 no será constante. El tiempo restante tras completarse el pulso de amplificación de plasma será diferente cuando se usa la realización preferida de la presente invención. Se presupone que la corriente 304 de fondo tiene tiempo suficiente en la forma de onda creada por el generador 50 de forma de onda para permitir al electrodo desplazarse más cerca del pozo antes de transferirse el metal fundido. Este tiempo no es constante de un corto al siguiente por los motivos mencionados. En consecuencia, la posición en el extremo del electrodo con respecto al pozo no será constante. Un método para mejorar esta consistencia permite al extremo del electrodo desplazarse una distancia constante antes del siguiente pulso. Esta mejora en el método básico de la invención usa una rutina de amplitud y tiempo de fondo dedicada tras haberse procesado la propia amplificación de plasma. La forma de onda que crea el pulso de amplificación de plasma se modifica para incluir su propia porción de corriente de fondo tras el pulso. En consecuencia, el cronómetro 360 se usa para controlar la duración del pulso de amplificación de plasma y la magnitud y tiempo de la corriente de fondo. El pulso de amplificación de plasma sirve para construir una gota constante en el extremo del electrodo a una distancia constante del pozo tal como se muestra en las representaciones gráficas superiores de la figura 10. Con el fin de mantener esta operación constante antes del siguiente pulso, se usa una amplitud y tiempo constantes para la porción o el segmento de fondo en la modificación de la realización preferida. Esta modificación se muestra en las figuras 10-12. El pulso de amplificación de plasma se expande para incluir un tiempo y una amplitud de fondo dedicada. El cronómetro 360 se usa para fijar el tiempo comenzando con la señal de supresión de cortocircuito que aparece en la línea 352. Según esta modificación de la presente invención, la soldadora C de arco eléctrico mostrada en la figura 11 se modifica para reiniciar el cronómetro 52 al final de la interrupción durante la cual la línea 354 controla la entrada 18. La señal de reinicio es una señal en la línea 400. Durante la interrupción, el circuito 350 de amplificación de plasma crea una señal 5 para generar una forma 410 de onda que tiene una porción 412 de pulso de amplificación de plasma y una porción 414 de corriente de fondo que termina en el momento 416. Este es el agotamiento del tiempo del cronómetro 360 para crear una señal de reinicio en la línea 400. Cuando el cronómetro 360 comienza su secuencia de cronometraje, hay una interrupción mostrada como pulso 420 en la figura 12. Esta es

la misma interrupción que la que se describió anteriormente. El cronómetro 52 cronometra a lo largo de la línea 422 tal como se muestra en la figura 12. En la posición 424, el cronómetro 52 se reinicia provocando una señal en el momento 426 en la línea 54 para iniciar el siguiente pulso 150 en una señal 2 de generador 50. Según esta realización de la invención, la soldadora C crea una señal de reinicio en la línea 400 cuando el cronómetro 360 alcanza su tiempo fijado al final de la sección 414 de cola en la forma 410 de onda de amplificación de plasma. Esta señal de reinicio se muestra en el momento 430 en la figura 12. La señal 1 de reinicio termina el pulso 150 de la señal 2 al final de la porción de amplificación de plasma de la forma 410 de onda para crear un pulso 150a parcial mostrado en la figura 12. Entonces esto inicia el siguiente pulso 150b de la señal 4 mostrada en la figura 12. Durante la interrupción 420, se crea una forma 410 de onda por el circuito 350 en la línea 354. Esta forma de onda durante la interrupción tiene un perfil preciso para el pulso 412 de amplificación de plasma y el segmento 414 o la porción de corriente de fondo. Inmediatamente después de que la porción de corriente de fondo se haya implementado por la fuente 10 de alimentación, se hace que avance el siguiente pulso 150b. En consecuencia, cuando hay un cortocircuito, hay un pulso preciso y un tiempo y amplitud de corriente de fondo o de cola. Esto se muestra en la figura 10. La señal en la línea 18 por la posición de interrupción del conmutador 370 es una forma 410 de onda con una porción 412 de pulso y una porción 414 de corriente de fondo. Se produce una señal en la línea 400 en el momento 416. Esto es cuando se ha completado la forma de onda predeterminada de la interrupción. En consecuencia, los elementos 412, 414 y 416 son constantes con cada corto. Posteriormente, se inicia un nuevo pulso 302 por el cronómetro 52. Se aplica una señal 6 mostrada en la figura 12 a la entrada 18 para controlar el perfil de la corriente o la potencia entre el electrodo E y la pieza W de trabajo. El nuevo perfil es el perfil 440 en la figura 12. En consecuencia, la salida del generador 50 de forma de onda se interrumpe al final del corto y se procesa un segmento de pulso y corriente de fondo dado. El resultado de esta forma de onda se muestra en las posiciones I-III en la figura 10. Tras la creación de la porción 412, la fuerza del arco empuja el pozo P de modo que se aleja del extremo del electrodo E. Esto se muestra en la posición I. Posteriormente, la porción de corriente de fondo permite que vuelva a formarse el pozo P de una manera uniforme. Esto se muestra en la posición II. Al final de la forma 410 de onda perfilada, el metal M fundido está listo para transferirse a la pieza W de trabajo tal como se muestra en la posición III. Esto crea una operación constante tras cada cortocircuito. Tal modificación de la realización preferida mejora la calidad de la soldadura al tiempo que todavía mantiene las ventajas de usar un pulso de amplificación de plasma al final del cortocircuito. En consecuencia, la señal de amplificación de plasma incluye una porción 304 de fondo dedicada con una amplitud y duración seleccionadas, que está a un nivel diferente del nivel 414 en la figura 10. La señal de interrupción se mantiene a través de la forma 410 de onda incluyendo el pulso 412 de amplificación de plasma y el segmento 414 o la porción de fondo dedicada. El cronómetro 52 se reinicia al final de un tiempo de fondo dedicado. Durante la porción de fondo dedicada, se ignora el generador de forma de onda porque la interrupción ha conmutado el control de la entrada 18 a la salida del circuito 350 de control de amplificación de plasma. El generador de forma de onda se reinicia por el cronómetro 52.

Una ligera modificación de la realización ilustrada en las figuras 10-12 se da a conocer en las figuras 13-15. El metal M fundido formado en el extremo del electrodo tras el pulso de amplificación de plasma variará según determinadas condiciones durante el pulso de amplificación de plasma. En consecuencia, puede usarse un bucle de realimentación que detecta la tensión de arco durante el pulso de amplificación de plasma para ajustar el segmento 414 de fondo dedicado. La tensión de arco durante el pulso de amplificación de plasma indica la longitud de arco durante el pulso. Esta longitud de arco se usa para calcular la amplitud y/o duración de la porción de corriente de fondo. Dado que la amplificación de plasma se define como una función de la potencia, se usa la realimentación de tensión para calcular la longitud de arco relativa y modificar la amplitud y/o duración de fondo. Adaptar la amplitud y duración de fondo fomentará aún más la consistencia de la colocación del electrodo con respecto al pozo tras un cortocircuito. Se usa un control adaptativo independiente en la soldadora D mostrada en la figura 14. Este bucle adaptativo modifica la porción 414 de fondo según la tensión de arco detectada que se produce durante la porción 412 de pulso de la forma 410 de onda. La ganancia de este segundo bucle de control adaptativo debe fijarse de modo que la amplificación de plasma de corto afectará directamente al siguiente segmento de corriente de fondo. En consecuencia, sólo se adapta la amplitud y duración de corriente de fondo para la interrupción que está procesándose. Por tanto, la soldadora D de arco eléctrico permite controlar la amplificación de plasma mediante un bucle de realimentación de tensión de arco. Para ello, se logra el ajuste de la amplitud y duración de la porción 414 de fondo por el circuito 500 que tiene una entrada 502 que representa la tensión de arco del sensor 34 de tensión. La salida 504 se comunica con el circuito de amplificación de plasma para ajustar la porción de fondo durante la interrupción determinada por el tiempo en el que el conmutador 370 está en la posición 374 de interrupción. Este concepto novedoso se ilustra mejor mediante una comparación de la figura 13 y la figura 15. En la figura 13, la porción 414 de fondo (normalmente corriente) es un perfil fijo, tal como se describió anteriormente. La tensión de la línea 502 en la figura 14 ajusta la porción 414 en la configuración de línea discontinua de la figura 15 en la que la nueva porción 414a de fondo de la forma 410 de onda termina en un nuevo punto 416a. La porción 414a se ajusta mediante la tensión de arco durante la porción 412 de pulso, cuya tensión corresponde esencialmente a la longitud de arco durante la porción de pulso de amplificación de plasma de la forma 410 de onda. Por lo demás, la soldadora D de arco eléctrico mostrada en la figura 14 es la misma que las soldadoras A, B y C, tal como se describieron anteriormente.

Otro uso del pulso de amplificación de plasma se describe en las figuras 16-18. El pulso 600 de amplificación de plasma con una porción 602 de pulso de amplificación y una porción 604 de fondo se inserta entre cada pulso 302 de las curvas 100, 120 tal como se muestra en la figura 16. De esta manera, el pulso de amplificación de plasma

calienta previamente el extremo del electrodo y crea una gota para el siguiente pulso 302 para su transferencia al pozo P de metal fundido. El primer segmento del pulso de amplificación de plasma es un pulso que calentará previamente el extremo del electrodo y creará una gota. Este calentamiento previo se ha usado ventajosamente en la soldadura por pulsos GMAW usando metales no ferrosos, tales como aleaciones de níquel y titanio. En este procedimiento de un pulso de amplificación entre cada pulso convencional, se han usado alambres con núcleo de metal y alambres con núcleo de fundente, tal como se muestra en las figuras 4 y 5, para proporcionar procedimientos de soldadura FCAW-G y FCAW-S. El procedimiento se implementa mediante la soldadora F de arco eléctrico que se diferencia de la soldadora C mostrada en la figura 11 por la eliminación del circuito 40 de respuesta de cortocircuito y por proporcionar una línea 608 de reinicio de dos vías. La salida del circuito 350 del perfil de amplificación de plasma es la forma 410 de onda fija dirigida a la entrada 18 cuando el conmutador 370 se desvía a la posición 374 de interrupción por la lógica en la línea 364. Esta línea es la señal 11 mostrada en la figura 18 en la que el cronómetro 360 cronometra a lo largo de una porción 610 hasta que alcanza su recuento fijo en el punto 612. El pulso 620 de interrupción existe cuando el conmutador 370 se mantiene en la posición 374 de interrupción. La interrupción se comienza en el momento 612 cuando se inicia el cronómetro 360. Cuando se inicia el cronómetro en el momento 612, la salida en la línea 354 es una forma de onda con perfil 600a mostrada en la figura 18. El cronómetro 52 comienza el siguiente pulso 150 en el momento 424 y termina la interrupción 620 en ese momento. Por tanto, durante la interrupción 620 la forma 600a de onda se dirige a través de la línea 354 a la entrada 18. Por tanto, la señal 6 alterna entre la señal 2 del generador 50 de forma de onda y la forma 600b de perfil de pulso fijada correspondiente a la forma 410 de onda en la línea 354. Durante el tiempo entre reinicios del cronómetro, está procesándose la interrupción para accionar la fuente de alimentación mediante la entrada 18 del circuito 350. Por tanto, se implementa de manera rutinaria un pulso 600 de amplificación de plasma entre el pulso 302 normal por la fuente 10 de alimentación. El funcionamiento de este uso del pulso de amplificación de potencia se ilustra mejor en la porción superior de la figura 16 en la que el electrodo E se funde de modo que se transfiere metal M fundido a la pieza W de trabajo entre las posiciones I y II. Entonces, según la tecnología de soldadura por pulsos convencional, se transfiere metal M fundido al pozo P de la pieza W de trabajo tal como se muestra en la posición III. En la posición IV se implementa la forma 600 de onda que incluye una amplificación de plasma de alta potencia entre el electrodo E y la pieza W de trabajo. Esta forma de onda produce la acción del pozo P mostrada en la posición IV. Cuando se aplica la porción 604 de fondo fijada de la forma 600a de onda del pulso de amplificación de plasma a través del arco, el pozo P se retira hacia el metal M fundido y espera el siguiente pulso 302 de transferencia. Esto se muestra en la posición V. La porción de pulso de la forma 600a de onda calentará el extremo del electrodo y creará una gota fundida que se transfiere durante el siguiente pulso. Este método puede usarse solo o en combinación con la secuencia de cronometraje mostrada en la figura 18. Pueden usarse otras disposiciones para insertar un pulso de amplificación de plasma entre los pulsos 302 de corriente convencionales del generador 50 de forma de onda. La soldadora F podrá tener la característica de ajuste del fondo de la soldadora D tal como se muestra en la figura 14 como una opción. Preferiblemente, la cola para la forma 600a de onda es fija. La realimentación adaptativa de la tensión o longitud de arco es opcional.

La figura 23 es una curva de corriente de la implementación práctica del procedimiento novedoso en el que se crea un pulso de amplificación de plasma entre cada pulso de un procedimiento de soldadura por pulsos convencional. Se produce un cortocircuito en el punto 910 tras cada pulso 900. Este cortocircuito no está en el pico del pulso 900, sino que está tras una porción 902 de reducción. El corto se suprime de manera natural por el movimiento rítmico del pozo para crear un resalte 904 de corriente. Hay un retraso antes de que la rutina de supresión de cortocircuito aumente la corriente tal como se ha explicado hasta ahora. Si el cortocircuito se suprime de manera natural antes de transcurrir el retraso, no hay aumento de corriente de supresión. Por tanto, con frecuencia el corto se suprime en el punto 912 antes de que haya un aumento de corriente de supresión de corto. Esta segunda señal en el punto 912 es el borde posterior del pulso 140 en la señal 9 tal como se muestra en la figura 9. Cuando se crea la segunda señal a partir del dispositivo 34 de detección de la tensión, se suprime el corto y se crea el pulso 930 de amplificación de plasma. Debido a los retrasos de tiempo inherentes en la circuitería, hay un ligero retraso 920 de tiempo entre la segunda señal en el punto 912 y el inicio del pulso 930. Posteriormente, la corriente 932 de fondo continúa hacia el siguiente pulso. El ligero retraso antes de la corriente de supresión sería antes de la creación del pulso 142 en la figura 9, pero durante el corto el retraso puede ser superior al tiempo para suprimir el corto de manera natural. Si el corto se suprime antes de haber transcurrido el retraso, entonces la soldadora pasa directamente a la amplificación de plasma con su retraso 920 inherente. Durante el pulso 900, hay un repentino aumento de corriente para aumentar la energía de arco para formar y apretar una gota fundida que se extiende desde el extremo del electrodo. Durante el tiempo R, el pulso se disminuye mediante una rampa para relajar la fuerza de plasma que presiona el pozo fundido. Esto permite al pozo elevarse hacia la gota. Cuando hay un corto en el punto 910, la gota ha entrado en contacto con el pozo. En cuanto termina el corto en el punto 912, un pulso de amplificación de plasma suave empuja el pozo lejos y acondiciona la punta del electrodo. Esto garantiza una separación fiable del metal de la punta y el pozo dando como resultado un ritmo estable de los ciclos. El retraso antes de la corriente de supresión permite al corto suprimirse mediante el ritmo y no mediante una corriente de supresión. Si no se suprime durante el retraso, entonces se implementa la rutina de supresión por corriente convencional. La segunda señal en el punto 912 informa al controlador de que se ha suprimido el corto ya sea de manera natural o mediante una corriente de supresión. Entonces se emite el pulso de amplificación de plasma. Este es el funcionamiento práctico de la soldadora en las figuras 16-18.

El uso de una forma de onda que incluye una porción de pulso de amplificación de plasma con una rutina de supresión de cortocircuito diferente es otro aspecto de la presente invención y se muestra en las figuras 19-21. La soldadora G es similar a la soldadora C dada a conocer en la figura 11 con la adición de un circuito 700 de premonición convencional con una entrada 702 y una salida 704. Una lógica en la salida indica cuando la dv/dt de la tensión de arco del sensor 34 supera un nivel dado indicando un cortocircuito perjudicial durante la rutina de supresión para un cortocircuito. El circuito de dv/dt es convencional y detecta una pendiente igual o superior a un valor de referencia que señala que el corto está a punto de cortarse. Este circuito detiene el circuito 40 de respuesta de cortocircuito de modo que la señal en la línea 325 termina la porción 712 de arco de la forma 710 de onda mostrada en la figura 21 e inicia la porción 714 de plasma en la salida 354 del circuito 350 de perfil de amplificación de plasma. La salida 704 del circuito 700 de premonición se muestra como pulso 720 en la señal 12, una de las muchas señales de números de la soldadora G mostrada en la figura 20. Las diversas señales numeradas en la figura 20 corresponden a los números usados en la figura 19. La soldadora G genera las señales mostradas en la figura 20, señales que son esencialmente las mismas que las señales con los mismos números ilustradas en la figura 11 para la soldadora C. La diferencia básica entre la soldadora G y la soldadora C se refiere a la porción 712 de supresión de corto de la forma 710 de onda. Cuando se produce el corto en el punto 132 mostrado en la figura 20, se implementa la porción 712 de forma de onda de la forma 710 de onda mediante el circuito 40 de respuesta de cortocircuito. Esta porción de la forma de onda es diferente e incluye una reducción inmediata de la corriente en el momento del corto representado por la porción 730. El circuito 40 mantiene la corriente baja durante un tiempo 732 preestablecido, tras el cual se implementa una rutina de supresión para el cortocircuito. Esta rutina comienza con un rápido aumento de corriente a lo largo de una porción 734 de pendiente seguido por una segunda porción 736 de pendiente que es algo más gradual. A medida que se dirige este aumento de corriente a través del cortocircuito, el cortocircuito comienza a estrangularse provocando un aumento de dv/dt . Cuando esta derivada alcanza un nivel específico se crea un pulso 720. Este pulso disminuye inmediatamente la corriente hasta un nivel similar al nivel en el punto 730 de reducción. La relación de premonición puede ser dv/dt , di/dt , dp/dt u otras derivadas del tiempo. La reducción de corriente provocada por el pulso 720 también comienza una porción 714 de forma de onda de forma 710 de onda general ilustrada en la figura 21. En otra realización, la forma 710 de onda se comienza por un corte en el cortocircuito. La porción 714 de forma de onda incluye el pulso 740 de amplificación de plasma que tiene una porción 742 de cola. Esta porción de cola se distingue más en la figura 19, pero tiene una variedad de configuraciones. La soldadora G usa un único procedimiento de supresión de cortocircuito mediante el cual la terminación de la rutina de supresión se determina mediante el corte inminente del cortocircuito, al contrario que un detector de tensión empleado en la soldadora C. Por lo demás, el procedimiento de supresión es generalmente el mismo. La excepción es la porción de corriente reducida durante un tiempo 732. La corriente 744 o línea de transferencia de metal es inferior a la corriente pico, pero superior a la corriente máxima del pulso de amplificación de plasma. Cuando hay un corto, se suprime el cortocircuito y se inicia un pulso de amplificación de plasma para forzar el pozo de metal fundido del electrodo de avance al tiempo que el electrodo de avance forma una bola de metal fundido para la siguiente transferencia. Mediante el uso de la forma 710 de onda mostrada en la figura 21, la transferencia de metal por el cortocircuito no produce alteraciones y puede incluso ser ventajoso. De hecho, se ha encontrado al usar la invención que la transferencia mediante un procedimiento de cortocircuito tras cada pulso 150 del procedimiento de soldadura por pulsos tiene algunas ventajas. En consecuencia, se ha desarrollado una modificación de la invención que se basa en la transferencia de metal mediante cortocircuito en un procedimiento de soldadura por pulsos. Esta modificación usa el pulso de amplificación de plasma novedoso de la invención y se describe en la figura 22.

El uso del pulso de amplificación de plasma novedoso en un procedimiento de soldadura por pulsos para el fin de transferir realmente metal mediante transferencia por cortocircuito, en vez de la transferencia por rociado normal, se ilustra en la figura 22. Este aspecto de la invención usa los elementos de diversas soldadoras de arco eléctrico descritas hasta ahora en detalle. Se ilustra una forma de onda de soldadura por pulsos normal como la curva 800 que tiene pulsos 802 separados por porciones 804 de corriente de fondo y separados para producir un periodo n. Cada fase 806 de corriente pico tiene un periodo o tiempo de procedimiento para fundir el electrodo de avance para los fines de la transferencia por rociado tal como es normal. Esta transferencia mediante el arco se produce al final de la fase de corriente pico y se muestra como punto 810. Se pretende que el pulso 802 tenga suficiente energía para fundir y propulsar una gota de metal fundido hacia la pieza de trabajo. Si no se produce esta acción, se creará un cortocircuito cuando la bola de metal fundido en el extremo del alambre que avanza entra en contacto con el metal fundido del pozo. Este contacto crea un cortocircuito indicado en el punto 812 para implementar y poner en práctica el método descrito hasta ahora en el que un cortocircuito crea una rutina de supresión de metal y después proporciona el pulso de amplificación de plasma novedoso, con o sin una corriente de fondo secundaria controlada. Para los fines de explicar las diferencias entre un procedimiento de soldadura por pulsos normal y el aspecto de la invención mostrado en la figura 22, son útiles los parámetros de un procedimiento de soldadura por pulsos normal representativo usando la curva 800.

La corriente 806 pico tiene un valor de 550 amperios y un periodo de tiempo de aproximadamente 2,0 ms. La corriente 804 de fondo tiene un nivel de 90 amperios mientras que el periodo n es de aproximadamente 8,3 ms. Estos parámetros son representativos de un procedimiento de soldadura por pulsos al que se le ha añadido la invención, tal como se describió anteriormente. En la figura 22 se usa la presente invención en un procedimiento que usa una condición de cortocircuito para transferir el metal fundido. Puede emplearse este procedimiento debido a la dinámica de pozo tranquila resultante del uso de la presente invención. El nuevo procedimiento de soldadura por

5 pulsos de la figura 22 se ilustra mediante la curva 820 en la que se proporcionan pulsos 830 de corriente a una frecuencia que se aumenta hasta el doble de la frecuencia usada en la curva 800. Con esta frecuencia alta, el periodo m entre pulsos 830, en comparación con un procedimiento de soldadura por pulsos normal, puede reducirse hasta aproximadamente 4,3 ms. La plantilla para el procedimiento representado como la curva 820 también tiene otras modificaciones con respecto a la curva 800 de soldadura por pulsos normal. Por ejemplo, la corriente pico se reduce hasta un nivel, tal como 475 amperios, y tiene un tiempo reducido de 1,5 ms. Estos son parámetros representativos, pero indican que no se pretende que el pulso 830 separe realmente el metal fundido del electrodo y lo propulse hacia la pieza de trabajo como se hace mediante el pulso 802. En consecuencia, a medida que el electrodo de alambre está avanzando hacia la pieza de trabajo, el pulso 830 simplemente forma una bola de metal fundido en el extremo del alambre. A medida que disminuye la corriente pico, la bola de metal fundido en el extremo del alambre que avanza progresa hacia el pozo de metal fundido. Según la realización ilustrada de la invención mostrada en la figura 22, la reducción de corriente tras la fase 832 de pico es inferior al nivel 834 de corriente de fondo hasta un punto 840 de corriente inferior. Esto reduce la cantidad de fuerza del arco entre la bola de metal fundido que avanza y el pozo de metal fundido. Por tanto, el pozo se eleva hacia la bola a medida que la bola está desplazándose hacia el pozo de metal fundido. Esto provoca un cortocircuito en el punto 842. Este cortocircuito se detecta tal como se describió anteriormente. Entonces la presente invención crea una forma 850 de onda. Esta forma de onda incluye una porción 852 de pulso y una porción 854 de cola. Esta forma de onda se produce durante la porción de plasma cuando hay un arco para iniciar la fusión del alambre que avanza preparatorio para el siguiente pulso 830. Tal como se describió anteriormente, se activa un circuito de supresión en el punto 842 para proporcionar una rutina de supresión que tiene dos porciones 862, 864 de pendiente. Mediante el uso de la invención dada a conocer en la figura 22, la curva 820 proporciona pulsos a una frecuencia superior y con menos energía en los pulsos. Un circuito activado al final de un pulso disminuye la corriente de arco para garantizar un cortocircuito. Por tanto, se realiza una transferencia de metal por cortocircuito. La ventaja de usar la forma de onda de amplificación de plasma novedosa tras la terminación del cortocircuito real permite el uso de este procedimiento de soldadura por pulsos novedoso.

25 Se han descrito varios métodos de soldadura y soldadoras por pulsos. Pueden combinarse o eliminarse características de los diversos métodos y soldadoras según desee el fabricante y/o el usuario. Se espera que se usarán determinadas modificaciones de una realización en otras realizaciones que no presenten incoherencias técnicas.

30

REIVINDICACIONES

- 5 1. Soldadora (C) de arco eléctrico para realizar un procedimiento de soldadura por pulsos mediante una corriente accionada por tensión entre un electrodo (E) de avance y una pieza (W) de trabajo, teniendo dicha soldadora (C) una tensión de salida y que comprende: un circuito de detección de corto que crea una primera señal con la aparición de un cortocircuito entre dicho electrodo (E) de avance y dicha pieza (W) de trabajo y una segunda señal cuando se suprime dicho corto caracterizada por un circuito (350) de amplificación para crear un pulso de amplificación de plasma tras la creación de dicha segunda señal.
2. Soldadora de arco eléctrico según la reivindicación 1, que incluye un circuito para aumentar dicha corriente tras dicha primera señal y antes de dicho pulso de amplificación de plasma.
- 10 3. Soldadora de arco eléctrico según la reivindicación 1 ó 2, que incluye un retraso entre dicho primer signo de una activación de dicho circuito de aumento de corriente.
4. Soldadora de arco eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que dicho pulso de amplificación de plasma tiene una potencia regulada de 5-20 kW o en el intervalo general de 5-20 kW.
- 15 5. Soldadora de arco eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que dicho pulso de amplificación de plasma tiene una duración de 0,2-5,0 ms.
6. Soldadora de arco eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que dicho electrodo es un alambre con núcleo.
- 20 7. Soldadora de arco eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que dicho electrodo es un alambre con núcleo de metal con una cantidad eficaz de azufre, preferiblemente con dicho azufre en el núcleo.
8. Soldadora de arco eléctrico según la reivindicación 7, en la que dicho azufre está en el intervalo del 0,010 al 0,030 por ciento en peso del electrodo.
9. Soldadora de arco eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que incluye un cronómetro para fijar el periodo de dichos pulsos de dicho procedimiento de soldadura por pulsos.
- 25 10. Soldadora de arco eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 9, en la que dicho circuito de amplificación crea un segmento de fondo controlado o segmento de corriente de fondo tras dicho pulso de amplificación de plasma.
- 30 11. Soldadora de arco eléctrico según la reivindicación 10, que incluye un cronómetro para fijar el periodo de dicho pulso de dicho procedimiento de soldadura por pulsos y un circuito que responde al extremo del segmento de fondo para reiniciar dicho cronómetro.
12. Soldadora de arco eléctrico según la reivindicación 10 u 11, que incluye un circuito para detectar dicha tensión de arco durante dicho pulso de amplificación de plasma y un circuito para ajustar dicho segmento de fondo basándose en dicha tensión de arco detectada.
- 35 13. Soldadora de arco eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 12, en la que dicha tensión es menor de 25 voltios o está en el intervalo general de 17-22 voltios.
14. Soldadora de arco eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 13, en la que la longitud de arco es menor de 0,30 pulgadas (0,76 cm).
- 40 15. Soldadora de arco eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 14, en la que dicho procedimiento de soldadura por pulsos incluye una sucesión de formas de onda y dichas formas de onda se crean mediante una serie de pulsos de corriente de corto generados a una frecuencia mayor de 18 kHz y con un perfil controlado por un generador de forma de onda.
16. Soldadora de arco eléctrico según la reivindicación 15, que incluye un circuito de interrupción para interrumpir dicha forma de onda con la aparición de un cortocircuito entre dicho electrodo y dicha pieza de trabajo.
- 45 17. Soldadora de arco eléctrico según la reivindicación 16, en la que se procesa un perfil de forma de onda de un pulso de amplificación de plasma por dicha soldadora durante dicha interrupción.
18. Soldadora de arco eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 17, en la que dicho pulso de amplificación de plasma es mediante regulación de corriente de arco, tensión de arco y/o potencia de arco.
- 50 19. Soldadora de arco eléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 18, en la que dicho pulso de amplificación de plasma se regula mediante una característica de salida en pendiente.

20. Soldadora de arco eléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, en la que dicho alambre con núcleo es de autoprotección.
- 5 21. Soldadora de arco eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, en la que el procedimiento de soldadura incluye una serie de formas de onda sucesivas que tienen cada una un pulso definido por una corriente pico y una parte de corriente de fondo, comprendiendo dicha soldadora: un circuito de detección de corto que crea una señal de corto con un cortocircuito entre dicho electrodo de avance y dicha pieza de trabajo y un circuito para crear cada pulso de una de dichas formas de onda con la transición de dicha corriente pico a un nivel de corriente por debajo de dicha corriente de fondo durante un tiempo corto y luego a dicha corriente de fondo para estimular cortocircuitos tras cada uno de dichos pulsos.
- 10 22. Soldadora de arco eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, que incluye un circuito para aumentar dicha corriente tras dicha primera señal y antes de que dicho pulso de amplificación de plasma corte dicho cortocircuito.
- 15 23. Soldadora de arco eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 22, que incluye un circuito de premonición para predecir dicha supresión de cortocircuito y un circuito para reducir dicha corriente y luego activar dicho circuito de amplificación cuando se predice dicha supresión.
24. Soldadora de arco eléctrico según la reivindicación 22, que incluye un circuito para controlar dicho aumento de corriente en una primera y una segunda pendiente de aumento antes de que se corte dicho corto.
25. Método de soldadura por pulsos mediante una serie de pulsos entre un electrodo (E) de avance y una pieza (W) de trabajo, comprendiendo dicho método:
- 20 (a) detectar un cortocircuito entre dicho electrodo (E) y dicha pieza (W) de trabajo; y
- (b) crear un pulso de amplificación de plasma tras dicho cortocircuito, caracterizado por
- (c) suprimir dicho cortocircuito antes de crear dicho pulso de amplificación de plasma.
- 25 26. Método según la reivindicación 24, en la que dicho pulso de amplificación de potencia es una corriente de arco regulada.
27. Método según la reivindicación 25 ó 26, que incluye crear un segmento de corriente de fondo controlado tras dichos pulsos de amplificación de plasma.
28. Método según una de las reivindicaciones 25 a 27, que incluye además en la etapa (c): aumentar la corriente para suprimir dicho cortocircuito.
- 30 29. Método según la reivindicación 28, en el que dicha corriente se aumenta tras detectar el cortocircuito y luego se disminuye cuando dicho cortocircuito se está suprimiendo.
30. Método según una de las reivindicaciones 25 a 29, incluyendo una corriente de soldadura una sucesión de pulsos que tienen cada uno una corriente pico y una corriente de fondo antes y tras dicho pulso de corriente, comprendiendo dicho método:
- 35 (a) reducir dicha corriente de soldadura hasta por debajo de dicha corriente de fondo tras cada uno de dichos pulsos de corriente para forzar un cortocircuito;
- (b) crear una señal con la detección de un cortocircuito;
- (c) suprimir dicho cortocircuito con la creación de dicha señal; y,
- (d) crear el pulso de amplificación de plasma cuando se ha suprimido dicho cortocircuito.
- 40 31. Método según la reivindicación 30, que incluye prevenir un cortocircuito durante dicha corriente pico de dichos pulsos.
32. Método según la reivindicación 31, en la que dicho acto de prevención se realiza limitando el tiempo de dicha corriente pico.

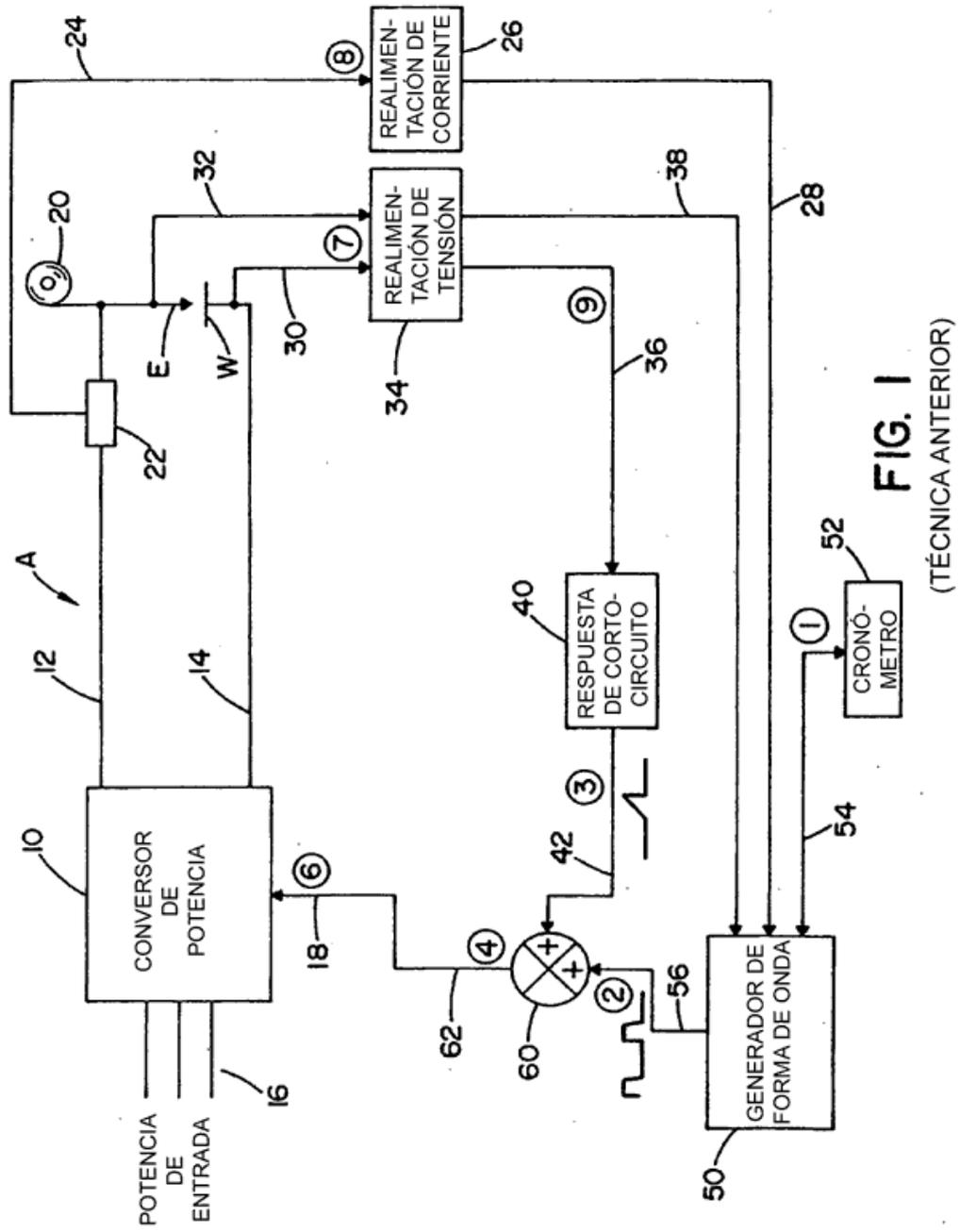


FIG. 1

(TÉCNICA ANTERIOR)

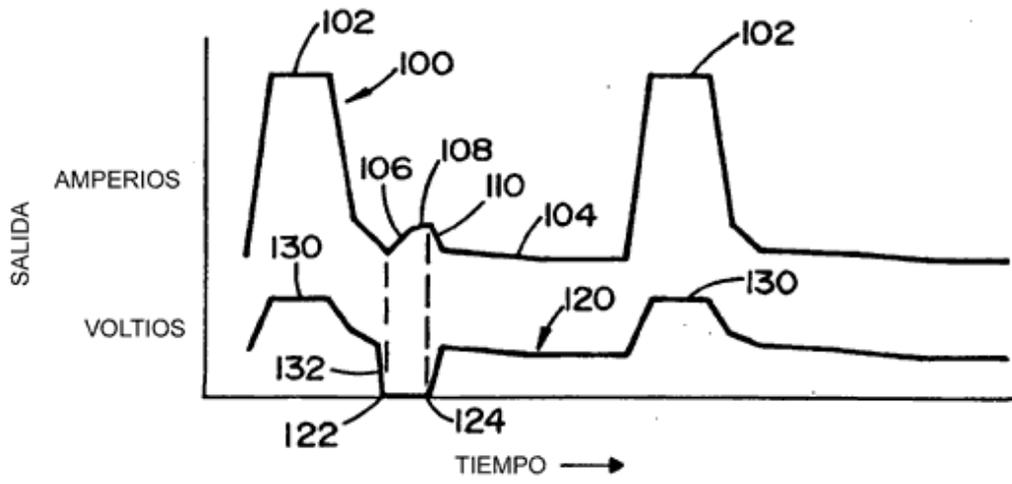


FIG. 2
(TÉCNICA ANTERIOR)

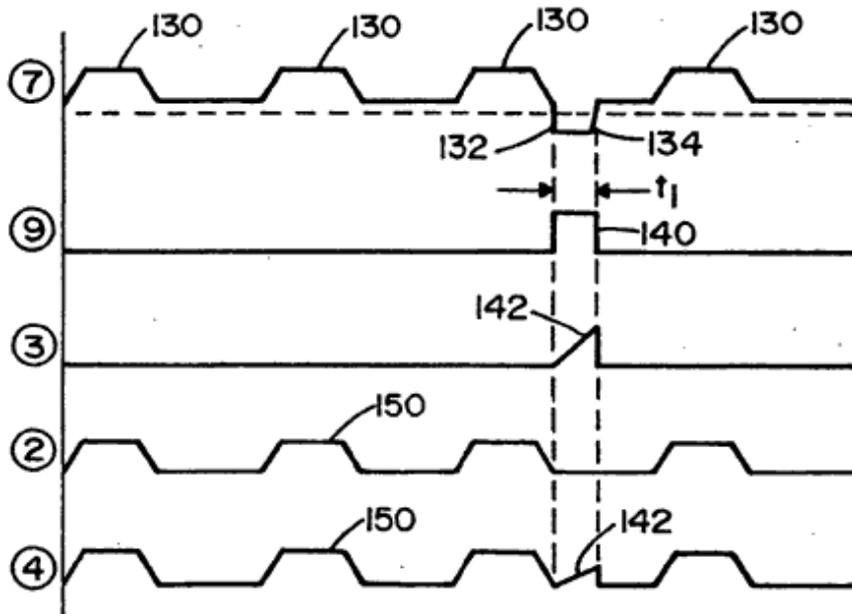


FIG. 3
(TÉCNICA ANTERIOR)

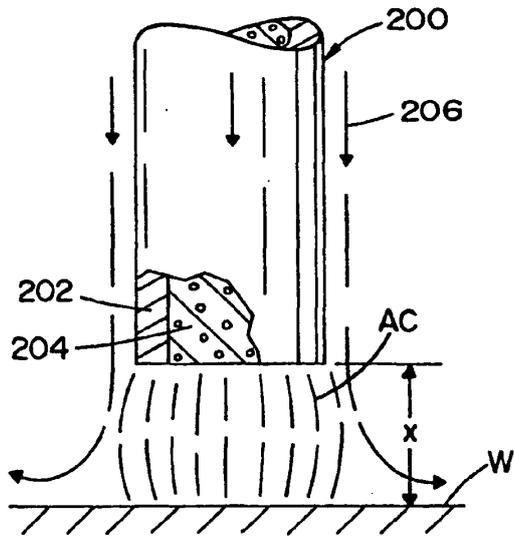


FIG. 4

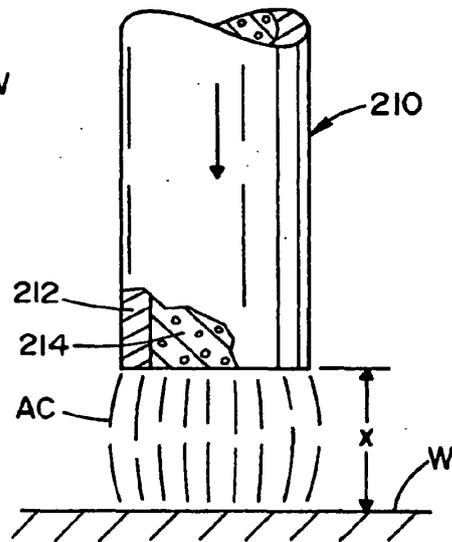


FIG. 5

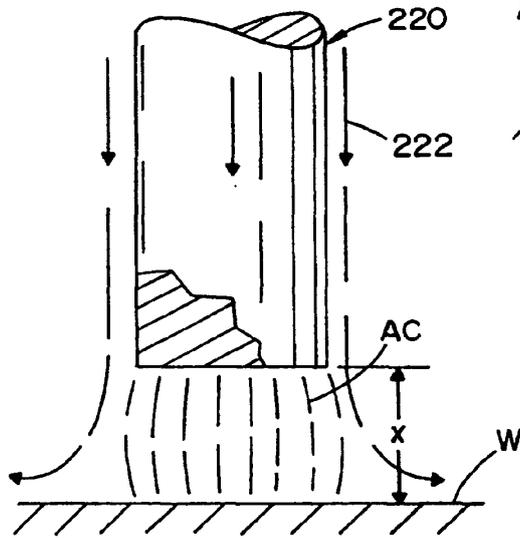


FIG. 6

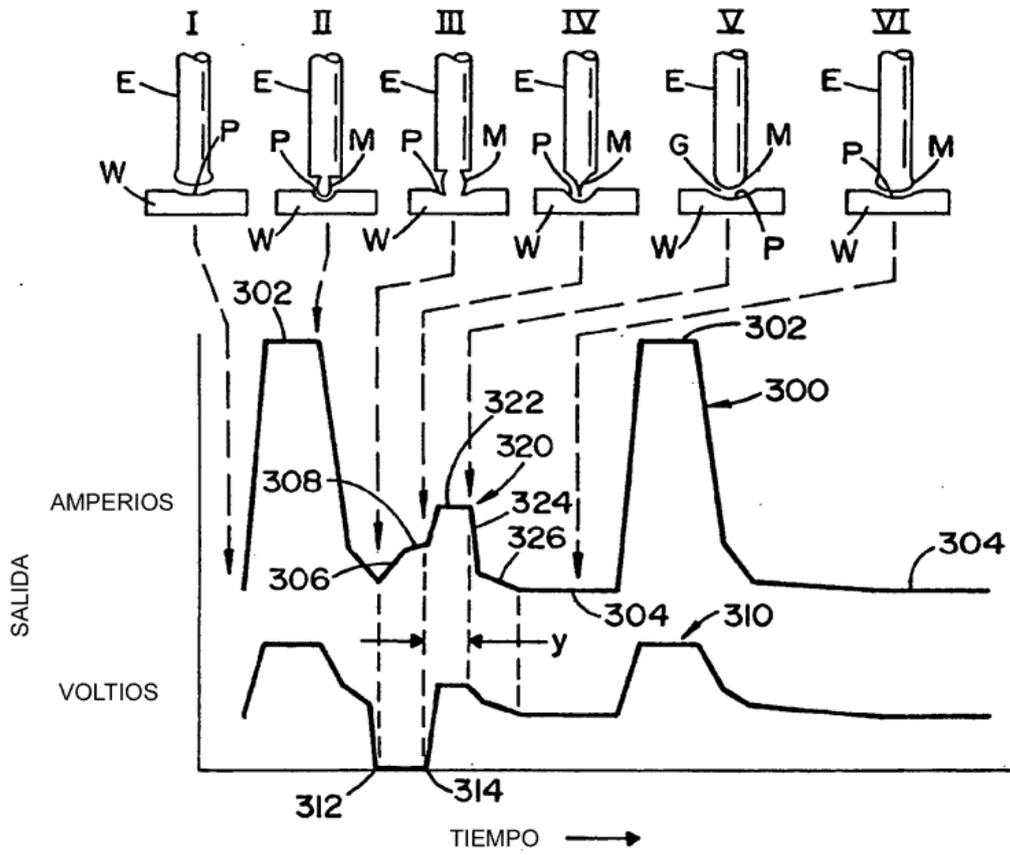


FIG. 7

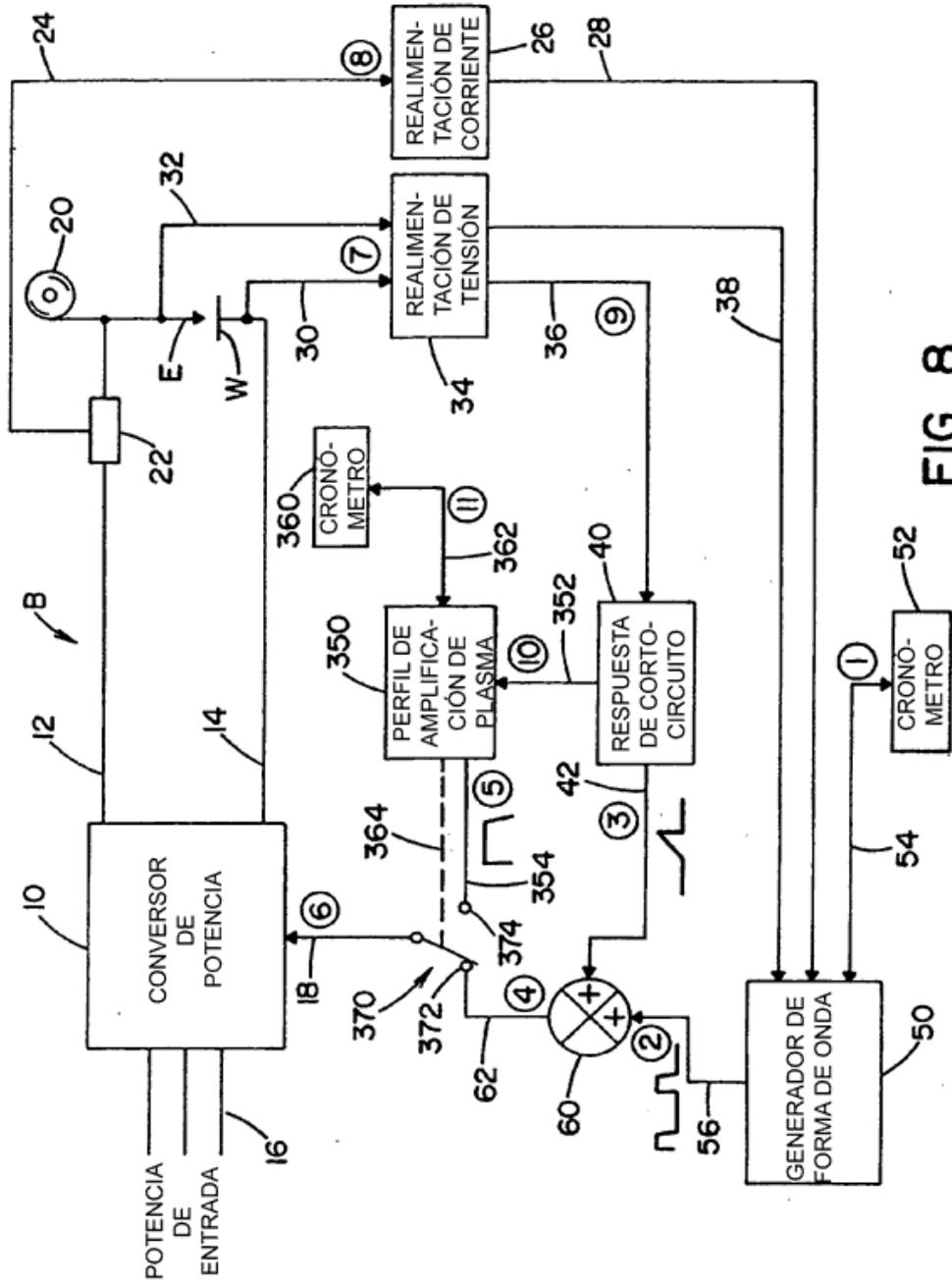


FIG. 8

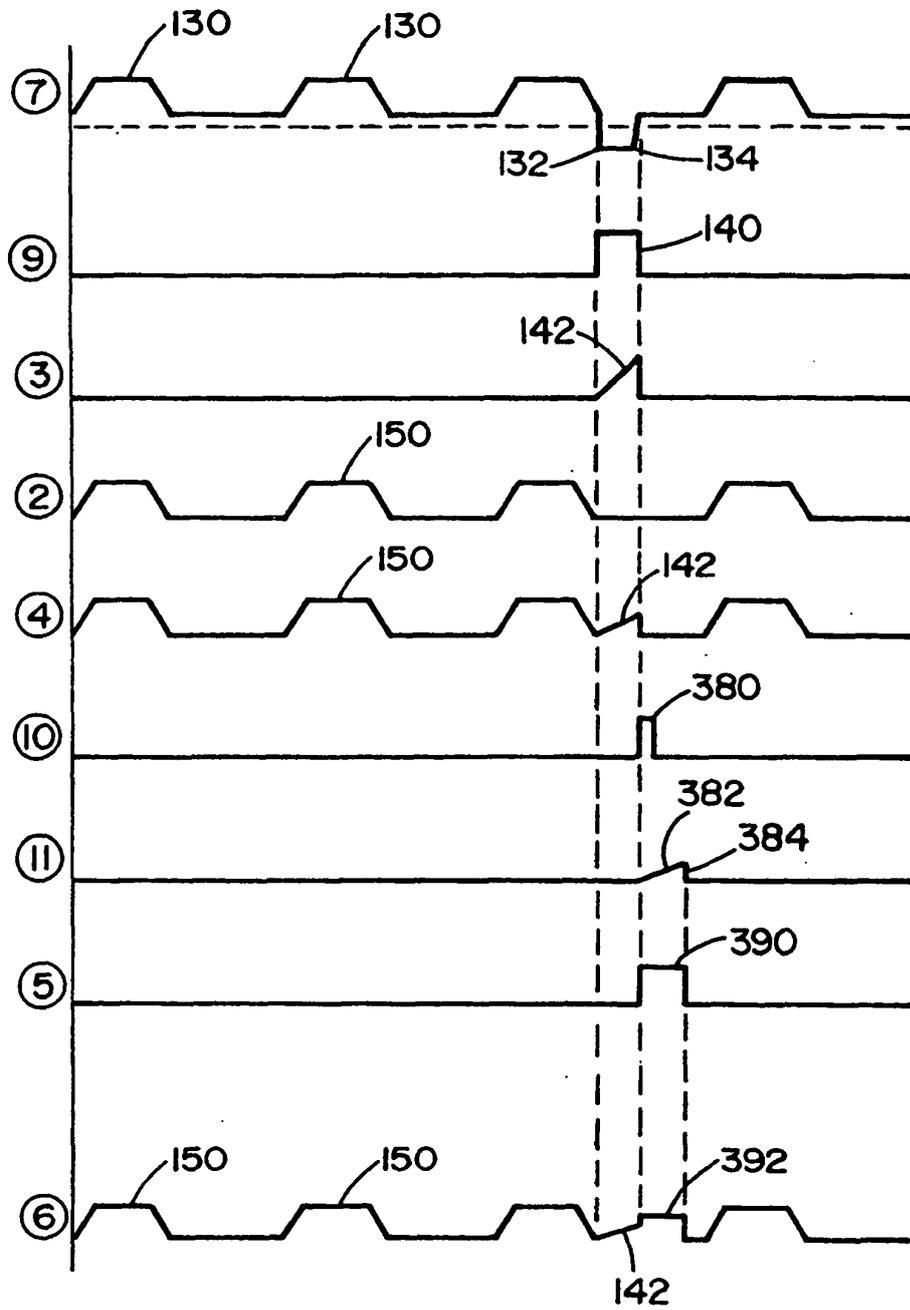


FIG. 9

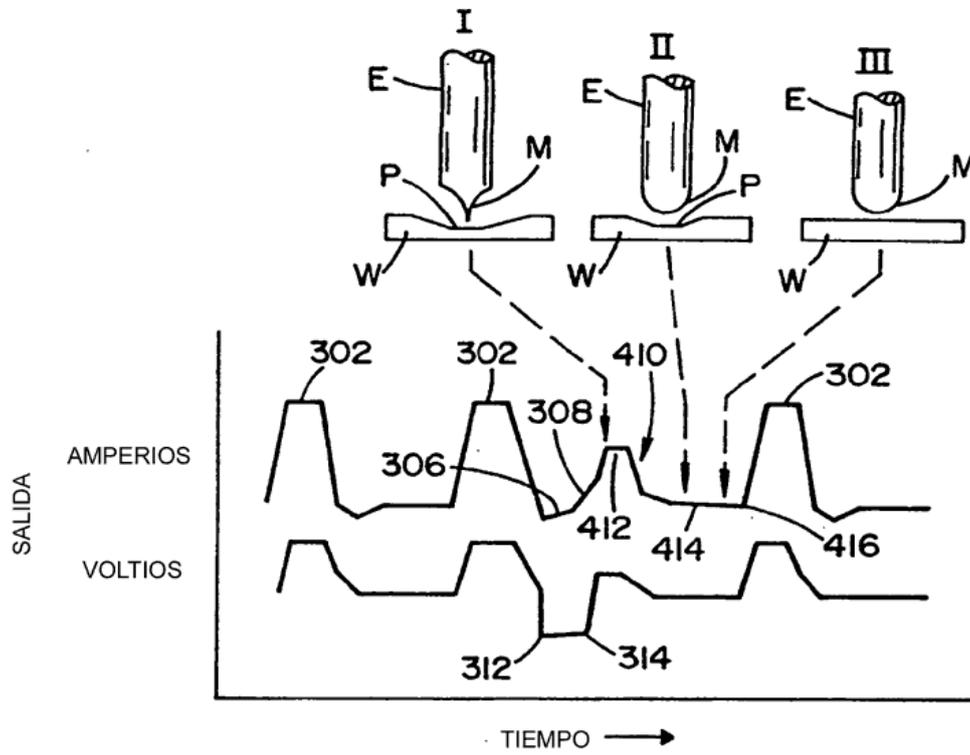


FIG. 10

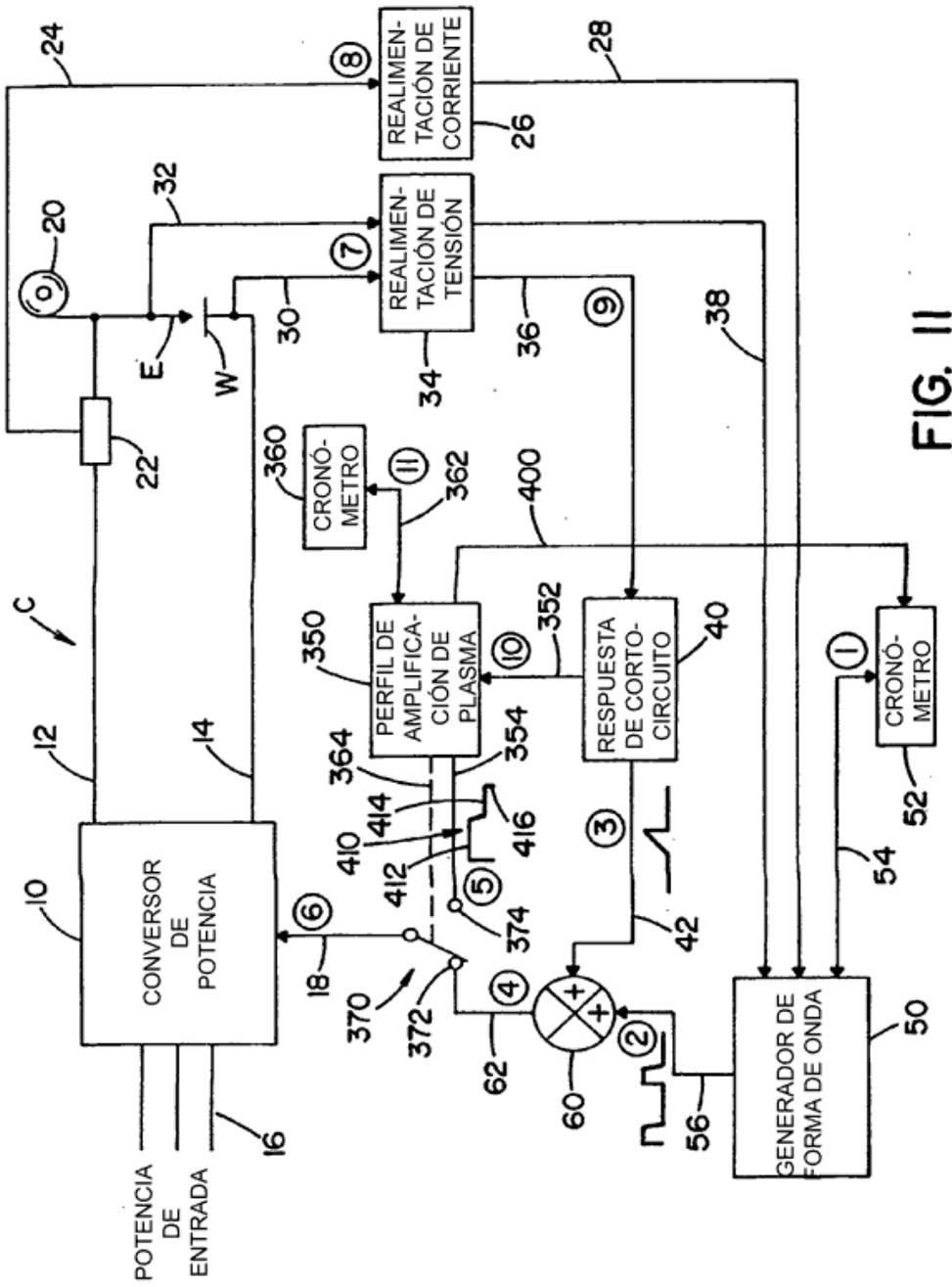


FIG. II

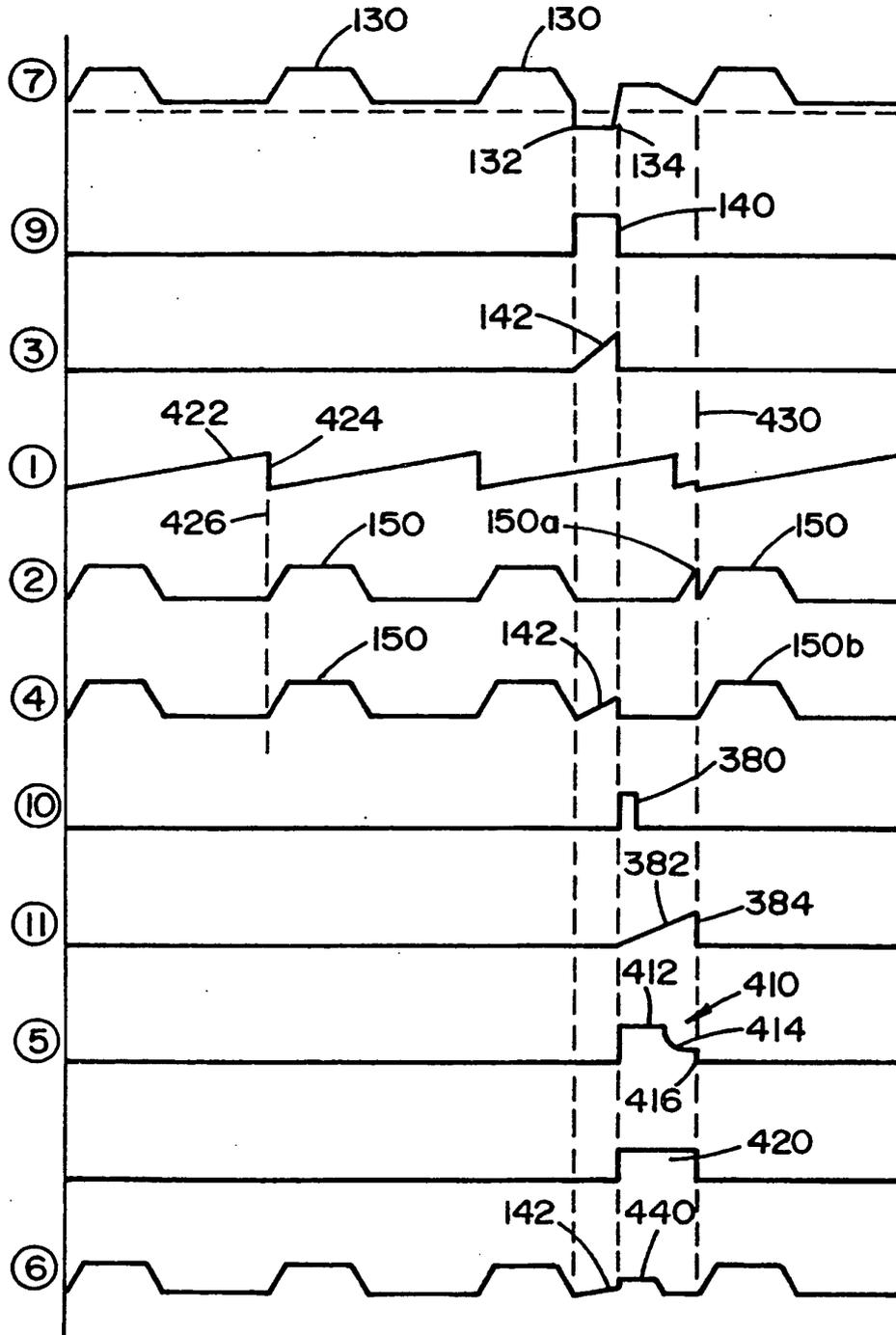


FIG. 12

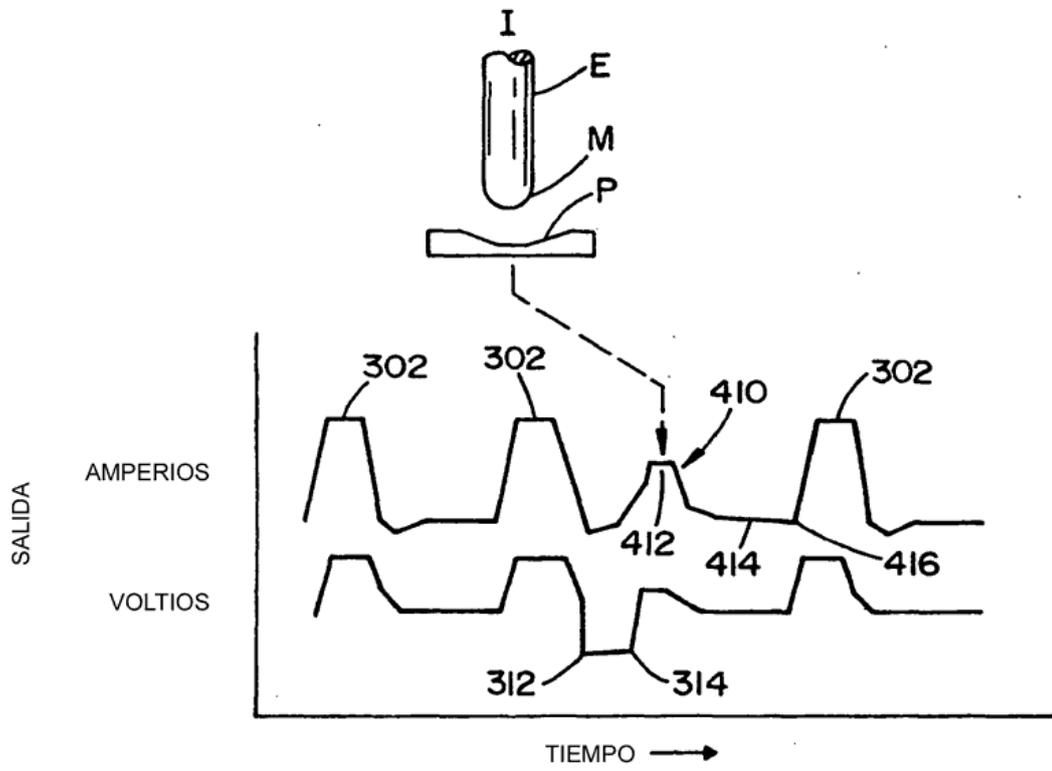


FIG. 13

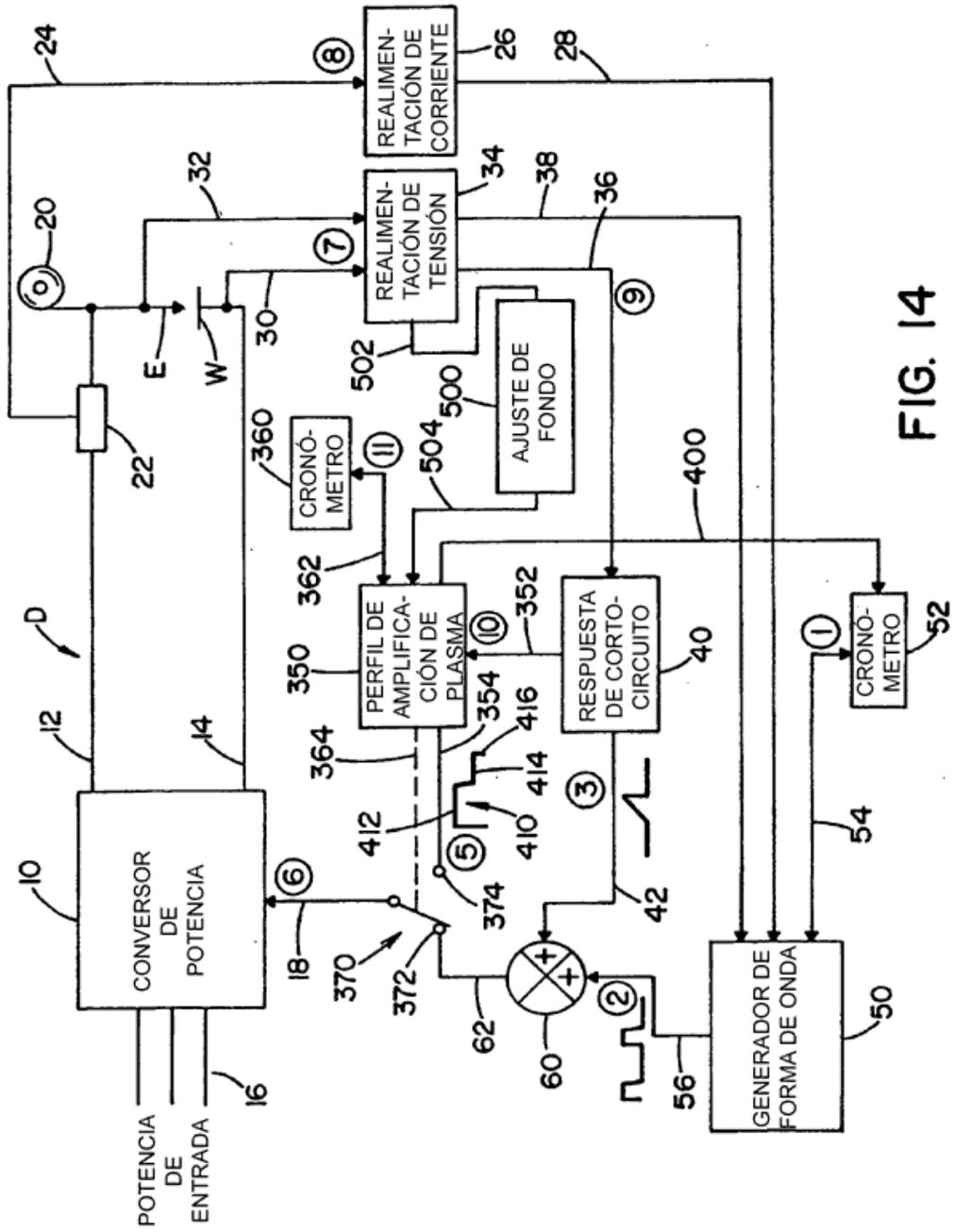


FIG. 14

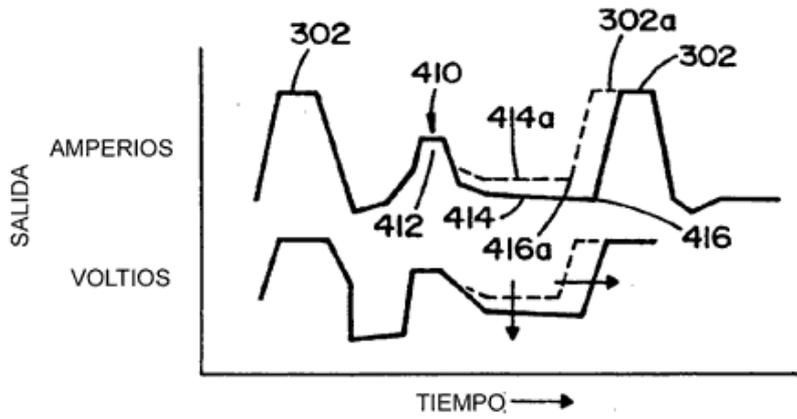


FIG. 15

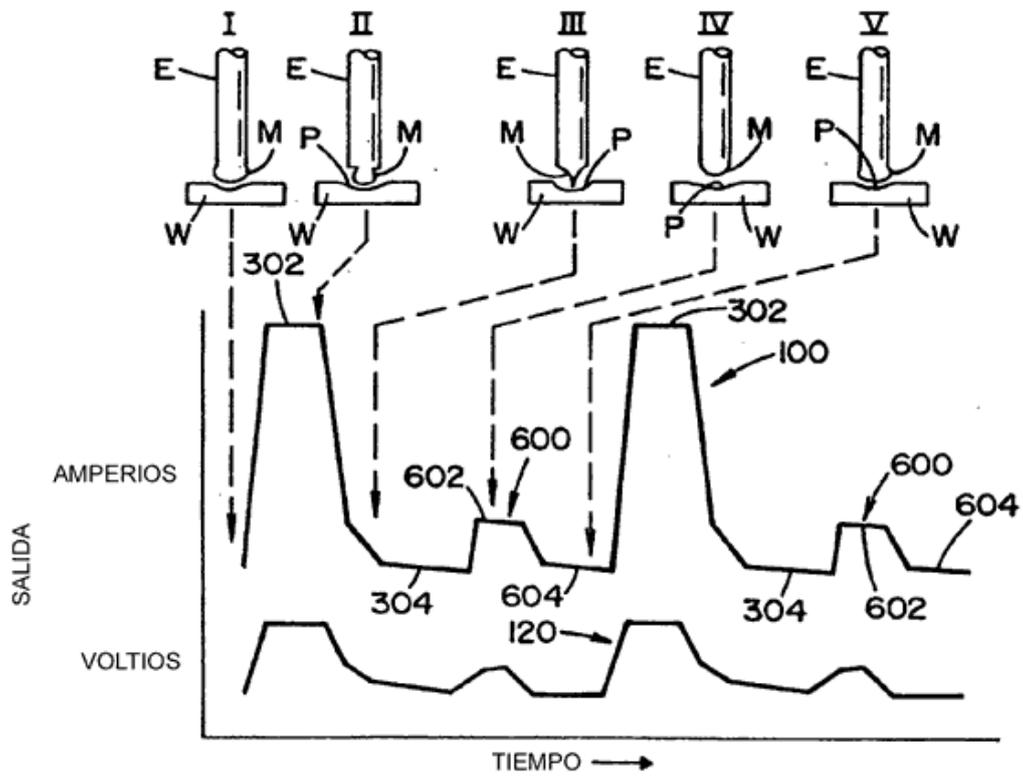


FIG. 16

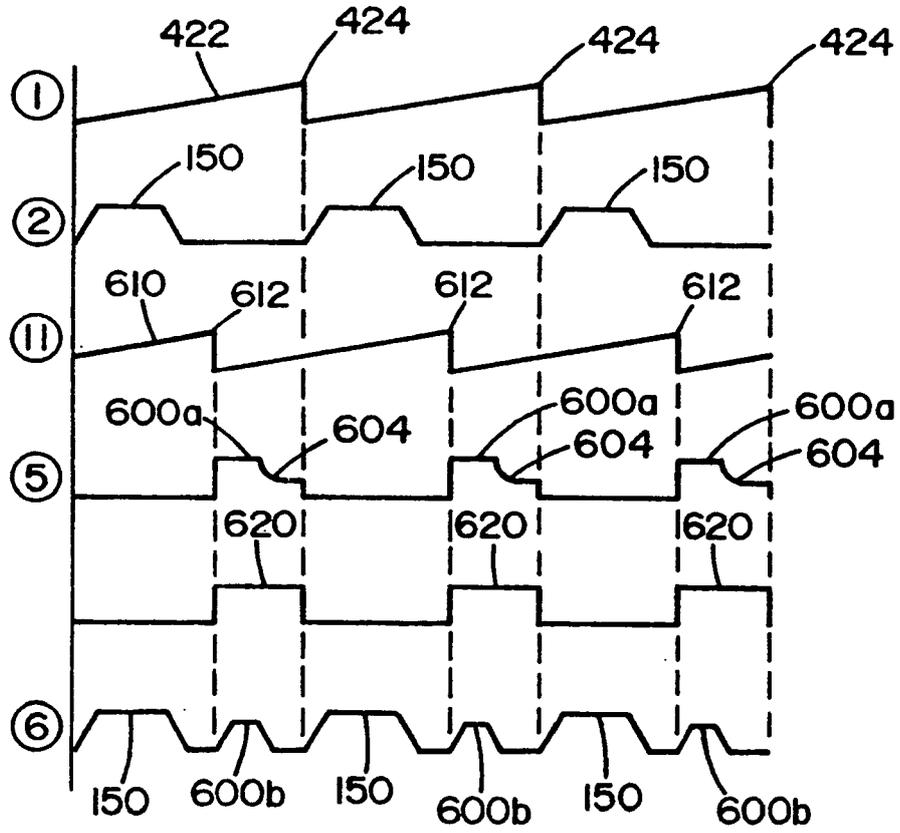


FIG. 18

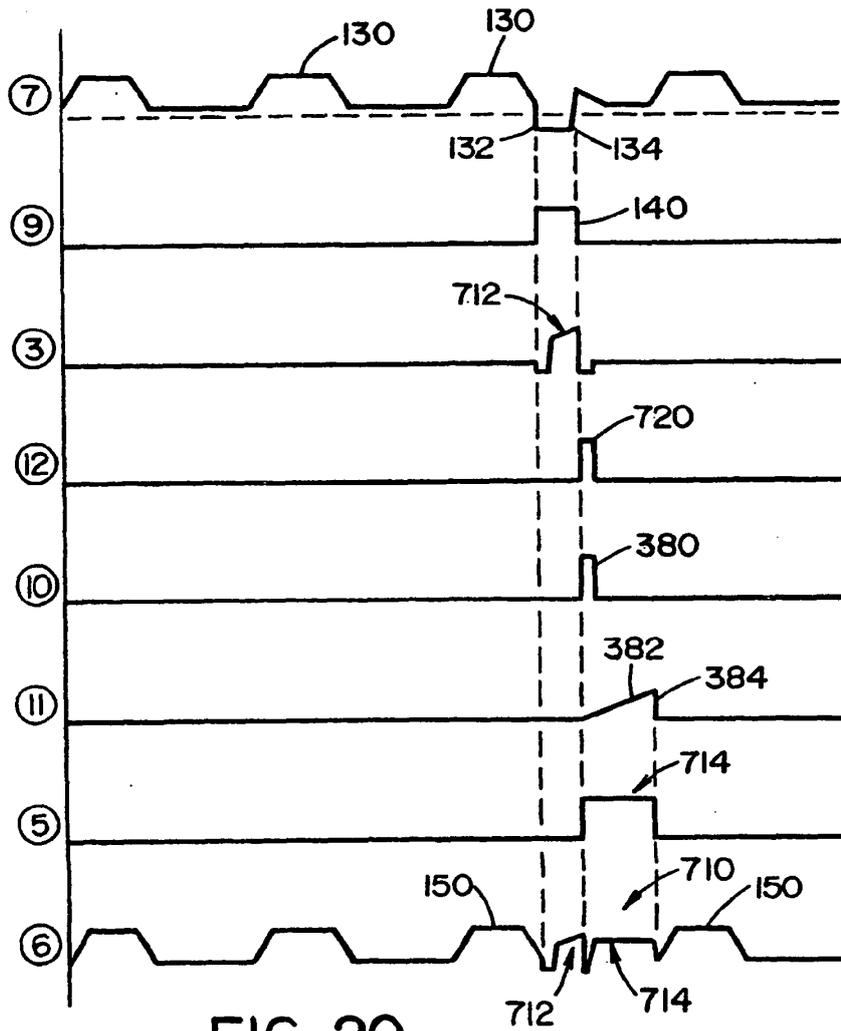


FIG. 20

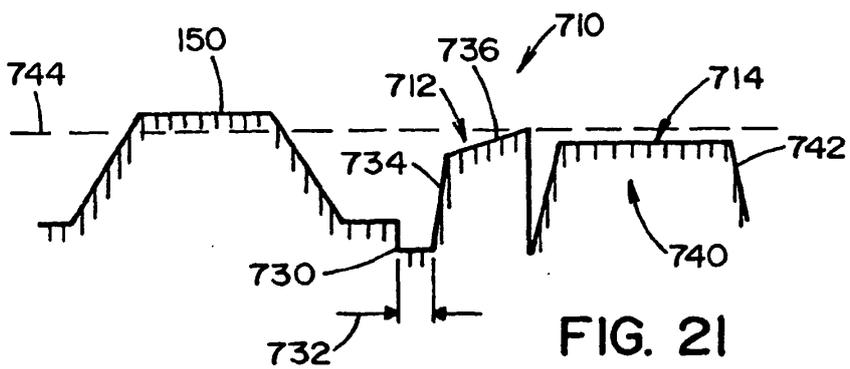


FIG. 21

